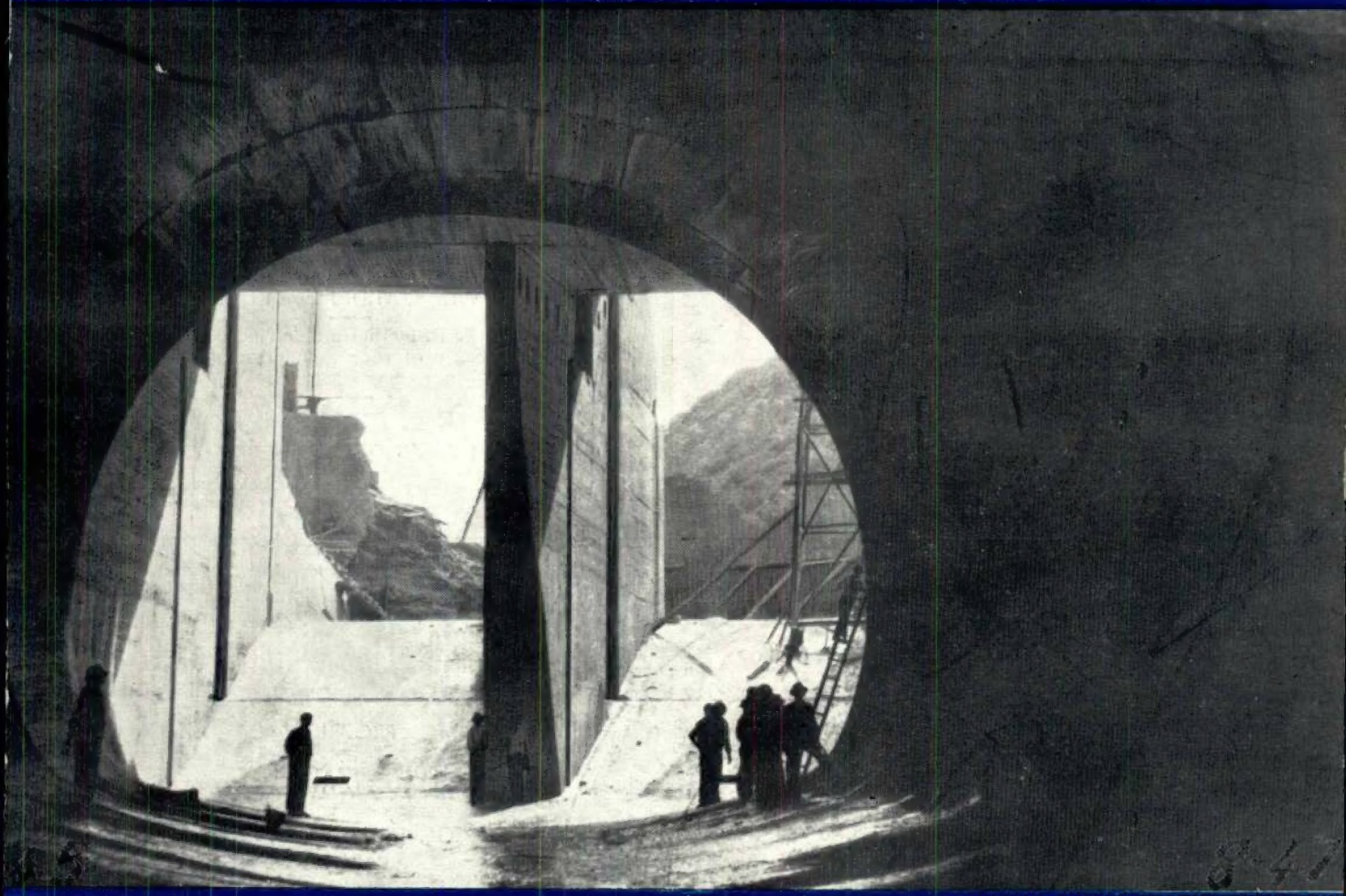
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 178-Dezembro-1947

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

SEDE
Rua Duque de Loulé, 240 — Pôrto
Telef. 2828 — 2829 — 2830 — Est. 90

DELEGAÇÃO
R. António Maria Cardoso, 13, 2.º-Lisboa
Telefones 27232 — 27233 — Est. 365

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CALHOFARRA

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU LEIRIA e de SETÚBAL, pela mais extensa rêde de alta-tensão em Portugal (mais de 1.200 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LUGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a sua energia é **proveitoso negócio**

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

NÚMERO
178
Dezembro—1947

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 7 0144 (linha 50)

DIRECTOR
FERNANDO JÁCOME DE CASTRO

ADMINISTRADOR
HENRIQUE ESTÁCIO MARQUES

BIBLIOTECÁRIO
JAIME ORNELAS CAMACHO

SECRETÁRIO
JOSÉ MARIA AVILLEZ
A. ACCIAIOLLI

NÚMERO AVULSO 7$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	21$00	40$00	75$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	45$00	80$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

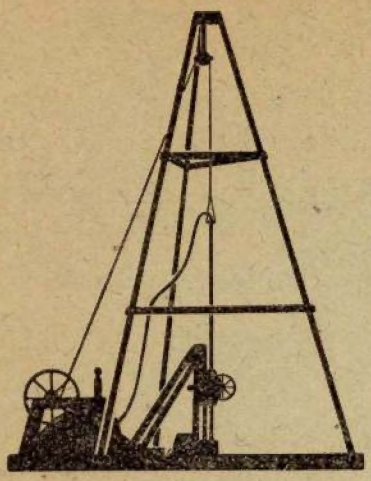
SUMÁRIO

CAPA — Galeria de desvio provisório das águas do Zêzere para a construção da Barragem do Castelo de Bode. Zona de transição da boca de montante para a galeria.

		Págs.
Notas histórico-pedagógicas sobre o Instituto Superior Técnico	Alfredo Bensaude	619
Transformações em fase sólida	Eng.º A. M. da Paixão	627
Moagem, Mistura e Separação	Eng.º Luís A. de Almeida Alves	633
Nomógrafo de alinhamento para medida de volumes em reservatórios cilíndricos horizontais de secção circular e elíptica	Eng.º J. Castro e Melo	636
Reactividade do carvão de madeira	Vergílio Rui Teixeira Lopo	640
Estatística das instalações eléctricas em Portugal	Eng.º António Metelo de Nápoles	647
Urbanismo em Moçambique	Eng.º Manuel Pimentel Pereira dos Santos e Francisco de Assis, arquitecto-urbanista	664
Biblioteca		671

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

SONDAGENS RODIO, Limitada



RODIO

Sondagens geológicas, estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geotécnico

Pesquisas de água.

Consolidação e impermeabilização de terrenos e de obras por meio de injecções de cimento, produtos químicos, argila activada, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

Estacas de betão armado, sistema **Ródio** moldadas no solo sem trepidações.

Rebocos comprimidos por «**cement gun**»

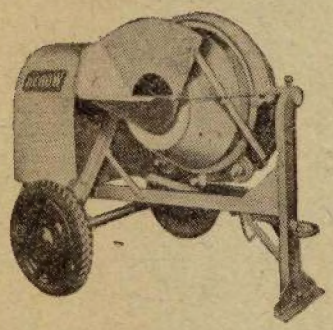
Fundações em terrenos difíceis quer por congelação artificial, quer por abaixamento do lençol de água.

As melhores referências no país e no estrangeiro

Sócio gerente residente em Portugal:
Walter Weyermann, Eng. civil

Praça do Município, 32, 2.º — LISBOA

Tel. 2 8685



ACROW

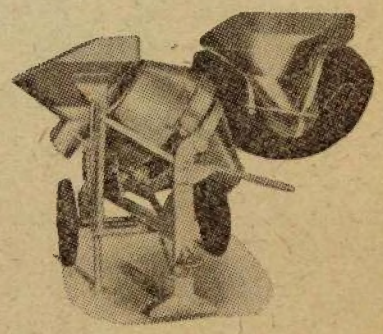
150 LITROS

As únicas betoneiras de 150 litros, equipadas com tremonha doseada de materiais, permitindo trabalho contínuo, isto é o s/**rendimento aumentado em 50 %**; chassis montados sobre molas e rodado sobre pneus, isto é, permitindo **a mais fácil deslocação.**

MOTORES

A GASOLINA

Entrega imediata, no armazém do representante exclusivo para Portugal



Telef. 2 2001 / 2 6633

Henry M. F. Hatherly, Ltd.ª

Rua do Comércio, 8-5.º — LISBOA

WILD

APARELHOS DE ALTO RENDIMENTO PARA
TOPOGRAFIA GEODESIA FOTOGRAMETRIA

EFICIÊNCIA **ROBUSTEZ**

COMPROVADAS POR MUITAS CENTENAS DE INSTRUMENTOS

vendidos em Portugal e Colónias, a maior parte dos quais ainda em serviço após anos de trabalho intensivo

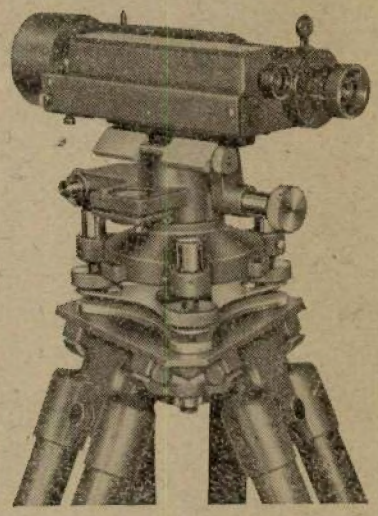
Nível pequeno **N I**
» médio **N II**
» de precisão **N III**

Teodolito-bússola **T 0**
» repetidor **T 1**
» universal **T 2**
» de precisão **T 3**
» astronómico **T 4**

Alidade com prancheta
Estádia de invar
Telémetros

Foto-teodolito
Câmaras fotográficas
Restituidores

Goniómetros e outros instrumentos topográficos militares



NÍVEL MÉDIO
WILD N II

NOS NOSSOS ESCRITÓRIOS ESTÃO À DISPOSIÇAO DOS INTERESSADOS AS LISTAS DOS COMPRADORES

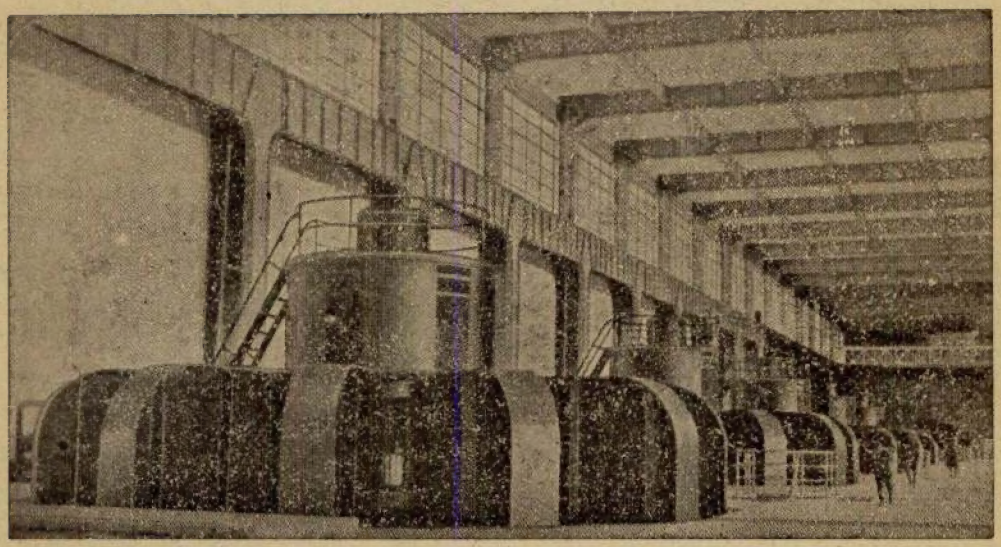
Representantes e Depositários

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 TELEF. 2 4314/15 LISBOA

WILD
HEERBRUGG

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.



Central hidroeléctrica com 5 geradores General Electric de 77.500 kWA, 88 r. p. m. cada um

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão Centrais termo e hidroeléctricas. Instalações para melhorar o factor potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Condutores eléctricos. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas. Emissores e receptores para T. S. F. Aparelhagem de Electro-Medicina. Instalações de Som.

GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, S. A. R. L.

LISBOA
Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

Fábrica Nacional de Condutores Eléctricos, L.da

VENDA NOVA — AMADORA

•

CONDUTORES ELÉCTRICOS

C E L

Fabricados pela indústria nacional segundo as Normas de segurança das instalações de Baixa Tensão

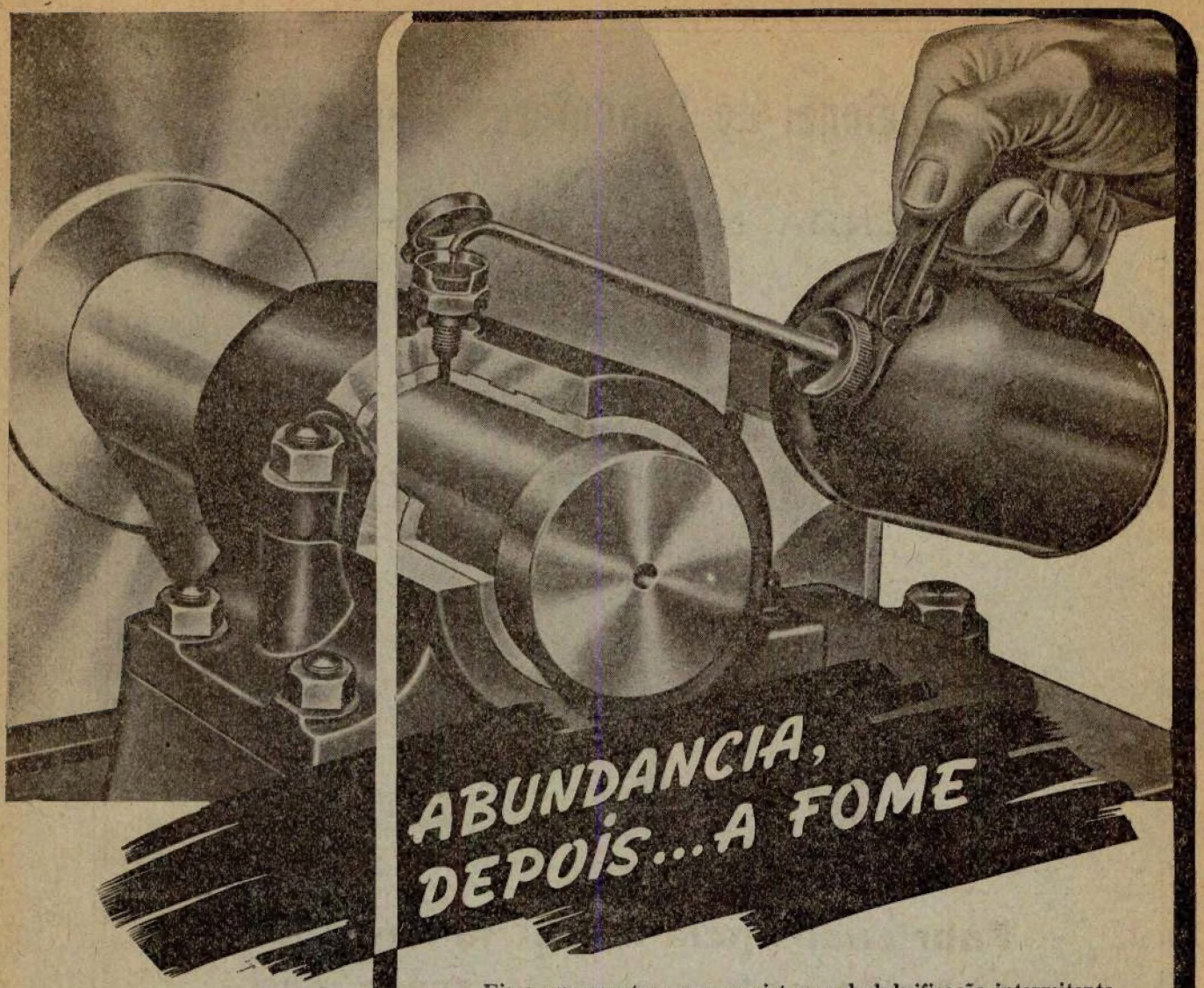
•

CONCESSIONÁRIOS GERAIS:

SODIL — Sociedade Distribuidora, L.da

R. NOVA DA TRINDADE, 15-C

LISBOA



Eis o que acontece com os sistemas de lubrificação intermitente. Quando se aplica o lubrificante, inunda-se a chumaceira ... forma-se a película protectora em torno do moente . . mas, depois, o óleo tende a escoar-se e secam as superfícies.

Deve exigir-se, portanto, do lubrificante a empregar, que tenha grande afinidade para os metais, a fim de formar películas com tenacidade suficiente para suportar as mais fortes pressões, sem prejudicar o rendimento por excesso de fricção.

Os óleos «Vactra» aderem firmemente às superfícies metálicas, por isso oferecem notável economia de consumo; revestem eficazmente as peças e protegem-nas contra o desgaste, ao mesmo tempo que asseguram o melhor aproveitamento da força motriz.

Os «Gargoyle Vactra» são os óleos soberanos para as chumaceiras com lubrificação por diversos sistemas, que se encontram em todas as instalações fabris.

GARGOYLE
Lubrificantes

SOCONY-VACUUM OIL COMPANY, INC.

COMBATA O ATRITO COM A LUBRIFICAÇÃO RACIONAL

2142

TÉCNICA

FERNANDO JÁCOME DE CASTRO
DIRECTOR

ANO XXIII - N.º 178 DEZEMBRO 1947

NOTAS HISTÓRICO-PEDAGÓGICAS SOBRE O INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

POR ALFREDO BENSAUDE

Organizador do mesmo Instituto
e seu Director desde 1911 a 1920

C. D. 37

A «Técnica» volta agora à publicação das palavras de Alfredo Bensaude, na certeza de que é esta a melhor maneira de dar o seu esforço à urgente tarefa do esclarecimento das actuais deficiências e necessidades do Instituto Superior Técnico.

Numa altura em que surgem opiniões discordantes — embora não enquadradas dentro do debate completo que se está impondo — acerca do melhor rumo a impor à nossa Escola, é realmente oportuno e, sobretudo, indispensável rever, com cuidado e desapego, a opinião do seu fundador sobre o «grande perigo das reformas». *Só por esta via será, então, possível estabelecer a* verdadeira reforma — *pelo conhecimento das bases em que foi assente a organização do Instituto Superior Técnico e, consequentemente, daquelas que, tendo sido mais ou menos abandonadas, urge repor com a maior brevidade.*

Deste estudo, a que, repetimos, muito conviria fosse dada a forma de debate, nasceriam, estamos certos, aquelas condições que dariam à Escola a possibilidade de «ser conservadora para o que merece ser conservado, mas suficientemente progressiva para alijar as velharias prejudiciais, conservadas apenas pela tradição».

PARTE II

EMBARAÇOS AO DESENVOLVIMENTO DO INSTITUTO

> «*Há países admiráveis onde se reforma de alto a baixo, cada ano ou cada semestre, todo o edifício da instrução pública. É inútil acrescentar que esses países não têm educação nem cousa que se pareça com isso..... Educação não a têm porque* a educação *e* a desordem *são termos antinómicos*».
>
> AGOSTINHO DE CAMPOS (1)

Tendo-se reconhecido quase desde o início que a organização do Instituto satisfazia plenamente às nossas necessidades, era natural esperar que, da parte dos poderes públicos, o Instituto encontrasse o apoio preciso para seguir normalmente a sua evolução; ou que,

(1) Conferência sobre a nossa instrução pública, na sala da Academia das Ciências de Lisboa, a 17 de Janeiro de 1920.

pelo menos, o Estado lhe não alterasse a organização com medidas legislativas, a não ser nos pontos em que a experiência fosse mostrando que a lei primitiva era deficiente.

A esta indispensável estabilidade legislativa, condição essencial de progresso, opunha-se, porém a irresistível ânsia reformadora dalguns dos nossos governantes, que, por várias vezes, ia arruinando a obra do Instituto.

De todas as dificuldades que se levantavam no caminho do desenvolvimento gradual do Instituto, a maior foi, com efeito, a sua defesa contra os reformadores que se sucediam nas cadeiras ministeriais, e a luta para conseguir que ele progredisse, não obstante os vários perigos que dessa origem lhe advinham, principalmente durante a primeira fase da sua história, que termina com a nossa entrada na guerra.

Se no nosso país os problemas da educação da mocidade preocupassem a generalidade dos cidadãos, a nossa escola teria cedo alcançado a necessária estabilidade para viver sem sobressaltos; seria então possível que mestres e alunos se tivessem ocupado exclusivamente do ensino e do estudo, sem estarem sujeitos a rebates continuados que os obrigaram muitas vezes a pensarem mais na defesa da escola do que nos trabalhos escolares.

Junte-se ainda a esta dificuldade, a proveniente das agitações políticas e das greves, frequentes nesse período, que sempre vinham perturbar a vida escolar e ter-se-á uma ideia clara das condições difíceis em que a escola foi criada e se desenvolveu. Basta dizer que, de 1911-1912, até hoje (Janeiro de 1921) apenas se contam dois ou três anos que podem considerar-se normais.

A criação do Instituto fez-se sem a colaboração da burocracia, sendo até concebida no propósito de o libertar quanto possível da sua influência, não para a contrariar, mas por ser a responsabilidade exclusiva do corpo docente na sua orientação, uma das condições essenciais de progresso. Para tal fim, foi o Instituto dotado de autonomia administrativa e pedagógica.

Se essa circunstância tornou o êxito possível, por outro lado parece ter atraído sobre o Instituto certa má vontade. A sua autonomia foi provàvelmente tida como o seu pecado original, ou como um irritante atestado de incompetência às repartições públicas, habituadas como estavam a que o ensino no antigo Instituto delas dependesse em tudo. Depois, a política do Instituto consiste apenas em ensinar o melhor possível, o que é também uma condição de progresso, mas, ao mesmo tempo, uma causa de fraqueza, sobretudo entre nós, onde o apoio de influentes de todos os matizes é, às vezes, necessário para a defesa de qualquer instituição, por benemérita que seja. Além disso, o Instituto atraiu grande afluência de alunos, que vieram a faltar a outros estabelecimentos mais antigos.

Todas estas e outras circunstâncias se juntavam para criar à escola uma certa atmosfera de hostilidade, instintiva nuns, propositada talvez, noutros, e que esteve, por vezes, a ponto de a arruinar.

Vamos narrar resumidamente algumas das situações perigosas em que o Instituto se encontrou, e das quais conseguiu com esforço escapar mais ou menos indemne.

Pelo decreto n.º 446, de 22 de Abril de 1914, foi criado um Conselho de ensino industrial e comercial, que privava o Instituto da sua autonomia, tornando-o dependente desse Conselho, constituído, na sua maior parte, por professores de ensino médio e por burocratas. Foram provàvelmente individualidades irresponsáveis que levaram o Ministro a assinar um documento que tirava a direcção do Instituto das mãos do corpo docente, que, já nesse tempo, evidenciára o seu brio patriótico e a sua competência profissional pelo modo como cumpria a sua missão. Em vista das reclamações dos Conselhos Escolares dos Institutos Técnico e de Comércio, o mesmo Ministro da Instrução restringiu a doutrina do referido decreto pelo Regulamento de 29 de Junho de 1914, estabelecendo que os negócios das escolas autónomas só seriam apreciados no referido Conselho *quando estas assim o requeressem*. Para conseguir a emenda, foi necessário gastar tempo e energia que, aplicados ao desenvolvimento das escolas, seriam melhor aproveitados.

Um projecto de lei sobre a reorganização das Universidades (*Diário do Governo*, 10 de Julho de 1914), apresentado pelo Ministério da Instrução, foi ainda outra ameaça a que escapámos por se ter dado, em boa hora, uma mudança de Ministério. Por esse projecto eram suprimidas no Instituto, a pretexto de economia, as cadeiras cujos *nomes* são equivalentes aos das que se regem em outra escola. Não se tomava em consideração que o ensino superior, sob pena de ser insuficiente para todos, não pode ter o mesmo carácter para alunos que se destinam a carreiras muito diversas [1]. Mas a suposta economia era ilusória, mesmo que assim não fosse, pois o bom ensino científico só pode ministrar-se a um auditório pouco numeroso; concentrando-o numa escola para cada disciplina, e obrigando os alunos de outros estabelecimentos a lá irem frequentá-lo, as aulas tornar-se-iam tão povoadas, que seria necessário desdobrá-las. Em vez de uma só cadeira para cada disciplina, haveria necessidade de criar duas, ou talvez mais, o que absorveria a economia realizada... no papel.

Essa projectada organização das Universidades teria como uma das suas consequências mais seguras a ruina da unidade da orientação do ensino, obrigando, por exemplo, os alunos do Instituto a passeios pelas ruas de Lisboa, de escola para escola, perdendo assim parte do tempo precioso que actualmente aproveitam em trabalhos de aplicação e outros, numa atmosfera e sob um regime propícios à sua educação técnica e até moral.

A outro perigo escapou ainda o Instituto no ano lectivo de 1915-1916. Desta vez vinha-nos ele da lei n.º 465, aprovada pelo Parlamento (29 de Setembro de 1915), mas cuja execução foi afinal mandada suspender para evitar distúrbios que vieram a degenerar numa greve geral da mocidade das escolas superiores do País, não faltando quem nos acusasse de a ter fomentado.

Para se compreender o alcance dessa lei, que pôs em sobressalto, não só os estudantes, mas também o corpo docente do Instituto, é necessário explicar a sua origem. O decreto do Governo Provisório de 23 de Maio de 1911, que criou o Instituto Superior Técnico, extinguiu ao mesmo tempo o antigo Instituto Industrial e Comercial de Lisboa; mais tarde, porém, ressurgiram os cursos do antigo Instituto organizados na Escola de Construções, Indústria e Comércio. Ora a lei n.º 465, única do seu género nos anais da pedagogia, mandava que os alunos com os cursos técnicos *secundários* do antigo Instituto ou da Escola de Construções fossem directamente admitidos nos cursos especiais do Instituto Superior Técnico, dispensando-os do ensino preparatório que se ministra no nosso curso geral, sem serem sequer submetidos a um exame de admissão, para provarem que realmente já conheciam as matérias de ensino *superior* que não podiam ter aprendido numa escola de ensino *médio*.

Se a lei n.º 465 fosse posta em execução, viria ela eliminar a selecção intensa que se faz no curso geral do Instituto Superior Técnico, permitindo que os alunos, depois de eliminados por incapazes, viessem forçar as portas dos nossos cursos especiais, desde que quisessem prèviamente frequentar a Escola de Construções.

Essa lei faria desaparecer em pouco tempo o nosso curso geral, porque os alunos poderiam, com menor esforço, conquistar a carta de engenheiro, começando os seus estudos pela Escola de Construções, em vez de os iniciar pelo curso geral do Instituto; daí resul-

---

[1] «Ce programme (dos preparatórios para alunos engenheiros) doit comprendre l'enseignement approfondi de la physique et de la chimie et des mathématiques supérieures, limités en général aux parties qui seront necessaires ultérieurement à l'ingénieur...

«Les cours ainsi compris devraient naturellement être tout-à-fait indépendants de ceux du doctorat des sciences...». *Compte-rendu du Congrès International de l'Enseignement technique supérieur* (Bruxelles, 9-12, Sept. 1910). *Rapports* de MM. Fuisseaux et Dapsens (Bruxelles). *La Technique Moderne*, t. III, n.º 1, p. 62, 1911.

Ver também: L. Barbillon, *L'Enseignement technique par les seuls techniciens, Revue de l'Enseignement Technique*, Paris, Outubro 1920.

taria o abaixamento infalível do nosso ensino, visto que a fraca preparação de tais alunos não permitiria conservá-lo ao nível actual. O Instituto, pela força das circunstâncias, ver-se-ia gradualmente transformado numa segunda escola de ensino técnico médio, muito embora se lhe conservasse no papel a categoria de escola superior.

A lei n.º 465 teria como consequência, não só a ruína do Instituto, mas, como disse muito bem o ilustre professor sr. Gomes Teixeira, a sua aplicação importaria a morte do ensino da engenharia em Portugal.

Neste transe difícil encontrou o Instituto ao seu lado o apoio moral das nossas três Faculdades de Ciências, às quais se veio juntar a Associação dos Engenheiros Civis Portugueses. Teve por si, em suma, os votos dos competentes na matéria, o que não impediu que, no Parlamento, se continuasse a quebrar lanças pela aplicação integral da lei. Alegava-se, sobretudo depois da representação dirigida pelo Conselho Escolar ao Parlamento, em 29 de Novembro de 1915, pedindo a revogação da referida lei, que no Instituto se abusava do ensino teórico e que ele deveria mudar de orientação, inspirando-se de certos métodos americanos de ensino mais profissional que científico, em que a teoria é reduzida e a prática muito desenvolvida.

Não se atendeu a que o ensino teórico do Instituto, desconhecido por completo dos arguentes, não só não é excessivo, mas até menos desenvolvido do que em certas boas escolas da própria América do Norte; nem se considerou que uma boa escola de engenheiros não pode ter por missão diplomar empíricos, mas sim facultar também aos seus alunos uma instrução científica tam completa quanto possível, por ser cada vez mais necessário para a resolução dos problemas profissionais, não só ter noções práticas, mas dominar igualmente a teoria.

Transcrevemos aqui algumas palavras de um parecer do sr. H. Le Chatelier, membro do Instituto de França e um dos mais ilustres promotores do ensino técnico no seu País, sobre se convém ou não o ensino científico desenvolvido numa escola técnica da categoria do Instituto, advertindo que esse parecer se baseia sobre as opiniões de práticos eminentes:

«Antigamente a instrução profissional constituía, por si só, todo o ensino técnico; mas a importância desta vai diminuindo gradualmente e acabará, segundo creio, por anular-se de todo, pelo menos no ensino superior... Noutro tempo havia, para o fabrico de ferro, um único processo e um só aparelho: o forno catalão; para fabricar aço por cementação também havia só um processo... Hoje, para obter os mesmos produtos, conhecem-se centenas de processos diferentes, sendo impossível (nas lições) descrevê-los todos nos seus pormenores; quem quisesse ser completo, apenas poderia enumerá-los sècamente... ou não iria além da vulgarização banal. Quem pretendesse, porém, entrar a fundo na matéria, deveria limitar-se a estudar um só desses processos, e, nesse caso, haveria noventa e nove probalidades contra cem que os alunos não encontrassem depois, aplicado na prática, o processo que lhes fora ensinado pormenorizadamente na escola.

«É impossível fazer-se hoje o ensino profissional enciclopédico de um modo sério, porque, para isso, seria necessária a vida inteira.

«Em resumo, o ensino nas escolas superiores técnicas, destinadas a formar chefes de indústria ou, pelo menos, engenheiros de grau elevado, deveria ser completamente dedicado ao estudo da ciência pura e seguido pela prática nas oficinas... Evidentemente este método baseia-se sobre o conhecimento muito profundo de todas as ciências que interessam as indústrias».

Eis como pensava uma das autoridades mais respeitadas na pedagogia das ciências técnicas justamente no ano em que foi decretada a organização do Instituto; e a orientação aconselhada pelo ilustre professor não é nem mais nem menos do que a já então adoptada no Instituto, com a diferença apenas de que a prática das oficinas acompanha o nosso ensino científico desde o primeiro dia.

Mas os arguentes a favor da lei n.º 465 tinham por fim, ao que parece, dar saída (*sic*) a uma categoria especial de alunos[1] embora, favorecendo-os, se arruinasse o ensino técnico superior.

Copiar as tais escolas americanas, onde o ensino é principalmente profissional, ou as inglesas do mesmo carácter, seria tarefa provàvelmente irrealizável entre nós. Só a organização e manutenção das múltiplas oficinas e laboratórios para isso necessários custariam anualmente somas superiores à totalidade da dotação do Instituto.

Depois, faltar-nos-iam os estabelecimentos industriais importantes e variados para que os nossos alunos neles adquirissem a prática intensiva e extensiva a fim de, até certo ponto, suprir a deficiência da sua cultura científica. A tentativa de adopção do sistema conduziria apenas a um resultado seguro: o abaixamento do nível do nosso ensino científico, conservando-se o prático pouco mais ou menos como actualmente se encontra.

A grande guerra veio ainda acentuar a inanidade dos argumentos dos nossos paladinos da prática *à outrance* (que, como todas as cousas boas, é má quando dela se abusa), como se o saber do engenheiro pudesse ser constituído por muita prática e pouca teoria, sem ter a mesma soma de imperfeições do saber feito de muita teoria, e pouca prática. Na própria América, cuja indústria é muito florescente graças à abundância das matérias primas, à existência de muitos engenheiros americanos educados em escolas europeias, à grande importação de engenheiros estrangeiros, principalmente alemães, e à larga aplicação da máquina-ferramenta, vai-se gradualmente desenvolvendo o ensino científico nas escolas técnicas à medida que ali se vai reconhecendo a inferioridade relativa deste.

Eis o que, a tal respeito, escreve um ilustre engenheiro francês:

«S'ils (les américains) ont des ateliers merveilleux comme installation, ils ne possèdent cependant pas la maîtrise intégrale de leur industrie au même degré que nos ennemis (les allemands)... ceci tient uniquement à ce que la science est plus creusée et plus raffinée en Allemagne que'en Amérique. Cette vérité a éclaté au delà de l'Atlantique... Après avoir longtemps laissé les connaissances scientifiques au second plan, les américains sont résolus à les mettre au premier» [2]

Assim, no programa da *Engineering School Tuft's College,* uma escola que não é das mais afamadas dos Estados Unidos, já no ano lectivo de 1909-1910 (vid. *Prospecto*, p. 50), o ensino do càlculo levava mais seis meses do que no Instituto Superior Técnico.

Para mostrar as deficiências da indústria americana o mesmo autor escreve ainda:

«Ainsi arrive-t-il souvent qu'un pont est tombé, qu'il y a eu des accidents de wagons, des explosions dans un usine, etc., etc....

«Rien n'est calculé d'une façon scientifique; on procède par expériences et par un coup doeil pour ainsi dire *amèricain* pour voir la force, la résistance qu'on peut donner à un object. C'est ce qui tient lieu de science appliquée...»[3].

Em Inglaterra manifesta-se também uma corrente de opinião que levará aquele país a abandonar cada vez mais a escola de muita prática e pouca ciência, como se convencerá quem folhear, por exemplo, o panfleto intitulado *The Neglect of Science* (Londres 1916), a acta de uma assembleia dos seus homens mais eminentes na ciência, no ensino e na indústria. A reunião teve lugar em Londres na Linnean Society em Maio de 1916, sob a presidência de Lord Rayleigh, presidente da Academia das Ciências de Londres (Royal

---

(1) Ou seja, facilitar-lhes a aquisição de documentos que justificassem a sua colocação em empregos públicos.

(2) Vítor Cambon, *Etats-Unis — France*, Paris 1917, 4.ª ed., p. 206.

(3) *Notre Avenir*, Paris 1916 7ème mille, pp. 199 e 200.

Society), assistindo, entre outros, Henry Edward Armstrong, professor de química da Escola Técnica de South Kensington (City and Guilds), Sir William Crookes, antigo presidente da Academia das Ciências de Londres, John Ambrose Fleming, professor de electrotecnia da Universidade de Londres, John Walter Gregory, professor de geologia da Universidade de Glasgow, Sir Edwin Ray Lankaster, director do Museu de História Natural, Sir William Ramsey, professor de química da Universidade de Londres, etc., etc.

O presidente disse, ao abrir a sessão:... «Estou convencido de que todas as pessoas presentes admitem comigo que, na nossa instrução geral, se deve dar à ciência um lugar maior...»

Por seu lado o conde Portsmouth entende que os ingleses de todas as classes terão de olhar com muito mais cuidado (depois da guerra) para a instrução a dar aos seus filhos...

...«O ensino da ciência e a aquisição do espírito científico é uma das nossas necessidades vitais de maior importância...»

Sir E. Ray Lankaster declara:

«Esta reunião... resulta apenas do sentimento aflitivo provocado em muitos compatriotas nossos, desde os primeiros dias da guerra e mesmo depois, pelas consequências da nossa falta de cultura científica».

Sir Robert Hadfield, presidente do Instituto de Ferro e Aço, numa carta à presidência, escreve:

«Se tivéssemos o nosso espírito educado pelo estudo da ciência, nunca os alemães teriam alcançado a posição de que gozam na concorrência com este país... Não creio que o nosso atrazo industrial seja devido a uma inferioridade dos nossos operários... ele resulta mais da nossa falta de ciência aplicada à indústria».

Pois em Portugal, onde se não dispõe geralmente de pessoal técnico que, pela sua competência, se possa comparar com o que possui a Inglaterra, entenderam alguns críticos parlamentares que a nossa escola se devia contentar com diplomar rapazes sem lhes dar uma cultura desenvolvida nas ciências que têm aplicação na indústria. E, para o conseguir, deviam destruir o Instituto, que é uma escola do género a que os americanos e ingleses têm necessàriamente de recorrer para realizarem aquilo que no Instituto começava a conseguir-se.

Eis ao que teria levado a execução da lei n.º 465.

* * *

Um outro perigo ameaçou o Instituto desde o início: o projecto, várias vezes ventilado, da sua integração na Universidade de Lisboa.

O Instituto é inteiramente diferente, pela sua organização, da Faculdade de Ciências, com a qual ele teria de colaborar mais intimamente, se tal integração se realizasse.

Diferem os dois estabelecimentos no processo de recrutar o pessoal docente, no regime de frequência e no dos exames; diferem em tudo. Ora o Instituto demonstrou já que a sua organização é a que melhor convém para o fim de produzir homens que venham desenvolver a riqueza pública pela indústria.

A ligação do Instituto com a Universidade, longe de facilitar a missão do primeiro, viria dificultá-la, tendo apenas como resultado aumentar a importância *aparente* do Instituto ou da Universidade. Em troca pois de uma sombra, sacrificava-se uma realidade. Bulir com as condições de existência de uma escola que prospera, é sempre uma medida arriscada; fazê-lo quando é fácil prever que a mudança viria arruiná-la, seria mais que

uma imprudência. Numa época em que quase todas as nossas escolas buscam a sua orientação definitiva, amalgamá-las significa *prejudicar as melhores sem melhorar nenhuma.*

O regime de isolamento está naturalmente indicado como o mais vantajoso para uma escola nova onde se forceja por criar tradições novas.

A absorpção parcial do Instituto pela Faculdade de Ciências garantiria provàvelmente a esta uma maior frequência, mas, por outro lado, destruiria a unidade de orientação do ensino do Instituto.

A experiência tem mostrado que os alunos que recebem toda a sua instrução no Instituto, estão geralmente melhor preparados para as carreiras técnicas do que os que a receberam parcialmente nas Universidades. Este facto não prova que o ensino seja melhor em absoluto numa escola ou noutra, mas simplesmente que é diferente, e que os nossos métodos são os que melhor convêm aos alunos engenheiros.

A Faculdade de Ciências não poderia adoptar completamente esses métodos, ainda que o quisesse, sem se transformar também numa escola técnica.

Aquela Faculdade tem por fim, manifestamente, ensinar ciência, promover sobretudo a investigação científica do País (em grande parte por fazer), e produzir especialistas nesse e noutros campos; assim como o Instituto tem por missão criar especialistas da técnica industrial, igualmente atrasada. São duas missões distintas e ambas importantes para o progresso do País.

E se, a par da sua missão científica importante, as Faculdades de Ciências têm o louvável desejo de contribuir também para o desenvolvimento das indústrias, não falta por onde escolher, dedicando-se a especialidades ainda não ensinadas em outras escolas, como, por exemplo, a da química da tinturaria, a da preparação dos coiros, a das indústrias cerâmicas e muitas outras.

A fusão das escolas, a que já se procedeu, com certeza precipitadamente, sobretudo para poder chamar Universidades a um conjunto heterogéneo e artificial de escolas, não teria inconvenientes de maior depois de cada uma delas se ter livremente adaptado às exigências do ambiente. Será então tempo para as reunir, garantindo-lhes as suas autonomias individuais, de tal modo que da união possa provir vantagem para todas, e não apenas favor para umas e desfavor para outras.

Assim o entende também um ilustre professor, que tem estudado cuidadosamente os assuntos da nossa instrução superior, e não pode ser tido por suspeito, visto não pertencer à Faculdade de Ciências nem ao Instituto, exprimindo claramente a opinião do corpo docente da nossa escola, nas seguintes palavras:

«Compreende-se perfeitamente que o Instituto Superior Técnico, tão diferente na sua organização e no seu espírito da actual Universidade de Lisboa, mostre a maior relutância em entrar para ela; se o fizesse, arriscar-se-ia a perder as suas melhores qualidades... De resto, os motivos que têm feito desejar à Faculdade de Ciências a encorporação do Técnico tem tão pouco de científico como de pedagógico» [1].

Felizmente o projecto de integração tornou-se menos realizável porque a Universidade e o Instituto pertencem hoje a Ministérios diferentes.

* * *

O ano de 1916 não se limitou a trazer-nos, como os anteriores, ameaças sem grandes consequências.

---

[1] *Ensino médico e universidades*, pelo Prof. A. Celestino da Costa, da Faculdade de Medicina de Lisboa. Separata da *Medicina Contemporânea*, n.os 17 e 19, 1947.

É desse ano a lei n.º 617, de 19 de Julho, que chegou a ter execução plena. Resultou dela a suspensão momentânea da autonomia da escola.

A lei orgânica do Instituto confere ao seu Conselho Escolar o direito de escolher e propor ao Governo o pessoal para os seus diversos serviços. Ora a lei n.º 617 revogou esta disposição *a favor duma determinada pessoa, indicada no seu texto com toda a precisão, nomeando-a para um lugar de auxiliar de ensino, sem ser ouvido o Conselho Escolar, lugar desnecessário... a não ser para obsequiar o agraciado.*

O Parlamento ao votar tal lei, proposta por um deputado que goza da reputação de apóstolo da instrução nacional, ignorava decerto esta circunstância. Mais algumas leis de favor pessoal desta natureza, e o Parlamento, que para tanto e muito mais tem legítimos poderes, teria subvertido a organização da escola, o seu espírito e a sua disciplina.

TRANSFORMAÇÕES EM FASE SÓLIDA

A António da Silveira
meu professor de Química-Física

PELO ENG.º A. M. DA PAIXÃO

C. D. 54 : 53

I

A Química é a ciência dos átomos e das suas combinações; a Física é a ciência dos fenómenos resultantes da interacção dos campos produzidos pelos constituintes elementares da matéria. Não sabemos onde termina a primeira, onde principia a segunda. Apenas, um ponto limite comum: a Química-física.

Solução de continuidade, ou, élo de ligação?

De um lado, o tubo de ensaio; do outro, a espectro-análise; e, neste intervalo em que os caminhos são por vezes tão longos, o trabalho tão difícil, servindo simultâneamente de farol e de bússola, a rigidez simples e a perfeição lógica do método matemático.

Esclarece, explica, orienta e guia.

Pouco a pouco, obra desinteressada de interessado obreiro, razão de viver a quem viver não interessa, de força de se perder nas suas ideias, a ideia surge: exitante como criança em primeiros passos, como ela teimosa nas primeiras manifestações do desejo de impor a sua vontade, que desperta.

Requere os mesmos cuidados.

Não vá, por falta de vigor, deixar de vingar; por falta de orientação, ainda incerta e débil, na encruzilhada de desconhecidos caminhos, perder-se.

Depois, robustecida por paciente estudo, fortalecida por cuidadoso raciocínio, alentada por singulares analogias, a necessária demonstração experimental como primeira consagração.

Mas, nem o desânimo de um resultado inesperado, nem o entusiasmo — não há lugar para vaidades — de vermos confirmadas as nossas hipóteses nos detenha, ou, desencaminhe do nosso objectivo.

Mas tarde, como indispensável confirmação e justa recompensa, a utilização prática.

No lado do pensamento, que investiga, a acção, que produz: factores diferentes orientados numa mesma finalidade.

Quando nos detemos a meditar no caminho percorrido pela Metalurgia, desde o ponto em que ela era apenas um conjunto de ideias empíricas, aqui e ali baseadas nos conhecimentos químicos de então, até hoje, em que a aplicação dos princípios gerais da Química e da Física e os métodos próprios de investigação, que utiliza, lhe conferem, sem contestação possível, pergaminhos de nova e utilíssima ciência — quantos progressos materiais e científicos lhe são devidos! — não podemos deixar de reconhecer, que esse caminho é já de considerável extensão.

Mas que lentidão na sua marcha, que dificuldade em se impor! Tanto obstáculo vencido, mercê de tenacidades e esforços incomparáveis, tantos ainda a vencer. Porquê?

Sob pena de nos acusarem de ingratidão, atribuímos essa lentidão ao espírito demasiadamente especializado dos primeiros estudos no campo metalúrgico. A introdução de métodos científicos na Metalurgia resultou, quase sempre, de dificuldades e de insucessos de fabricação.

Consideraram-se casos particulares, antes de serem conhecidas as generalidades inerentes a um dado fenómeno, ou, as bases de um dado método.

Ora, são mais seguros e rápidos, e até mais fecundos, os progressos obtidos partindo de conceitos e princípios teóricos, do

que partindo de dados práticos e conclusões fabrís. Uma concepção prévia, vaga, incompleta até, é sempre útil, se servir de introdução a uma teoria mais completa; pode, por isso mesmo, ser considerada como indispensável. Ao iniciarmos um trabalho, não nos devemos esquecer, que um determinado estudo deve ser feito em bases gerais e amplas, de modo que possamos aplicar as conclusões tiradas sob forma utilisável práticamente, a uma teoria geral do assunto.

II

Certos fenómenos inerentes aos sistemas metálicos não se deixam descrever como simples reacções químicas e menos ainda, no sentido clássico do termo, como vulgares fenómenos físicos.

Estão neste caso as transformações em fase sólida. Se pretendemos tratar o assunto pelos métodos estatísticos reconhecemos fàcilmente que a lei de distribuição de Maxwell-Boltzmann é simplesmente insuficiente e que temos de recorrer às estatísticas de Fermi-Dirac ou de Einstein-Bose [1]

Como fase de um sistema químico em equilíbrio podemos considerar qualquer complexo molecular, fìsicamente homogéneo, separável mecânicamente do sistema respectivo. Então, a uma dada fase de um sistema químico em equilíbrio, corresponde uma equação de estado, que caracterisa uma dada distribuição molecular, que designamos de uma maneira genérica, por configuração. [1]

Um sistema sofre uma transformação se a lei que liga uma dada propriedade com a sua equação de estado varia, e portanto, uma transformação qualquer implica uma transformação da equação de estado

$$\Psi = 0$$

na equação

$$\overline{\Psi} = 0$$

Esta definição conduz-nos à existência de um ponto de descontinuidade numa função contínua (para a distinguir de um fenómeno de histeresis) e, a descontinuidade é independente da lei de transformação para as transformações moleculares de ordem estrutural; é função da lei de transformação nas transformações com variação de composição das fases (ou do seu número), que podemos designar por reacções químicas em fase sólida. Para a realização de uma reacção deste tipo, *o reagente,* agente de reacção de natureza exclusivamente química, é, então, dispensável. No primeiro caso, depois da transformação, o campo da equação transformada, coincide com campo primitivo; no segundo, essa coincidência não se verifica, e, como consequência imediata de

$$\alpha \equiv \overline{\alpha}$$

$n = \overline{n}$ (número de constituintes independentes

e a transformação em fase sólida dá-se, apenas, com variação da concentração dos constituintes, sem variação do seu número.

Se, em todos os pontos do campo α a distribuição é feita, de modo tal, que a sua densidade seja uniforme, os dois estados correspondentes às equações

$$\Psi = 0 \ , \quad \overline{\Psi} = 0$$

são igualmente prováveis, sendo, porém, possível definir uma estabilidade relativa.

Dos diferentes estados do mesmo sistema, o mais estável, é o que corresponde ao valor

---

[1] Para Boltzmann os elementos constituintes de um sistema são individualmente distintos e um sistema determinado é definido pela qualidade e quantidade de elementos contidos na célula espacial. A probabilidade de um estado macroscópico do sistema será definido pelo número de modos de distribuir N elementos distintos em q células diferentes de tal modo que o número de elementos em cada uma delas não varie.

Para Bose (1924) os elementos já não são individualmente distintos e o estado macroscópico de um sistema é definido pelo número de modos de distribuir N partículas não distintas em q células diferentes.

Einstein utilizou a estatística de Bose combinando-a com a hipótese de Broglie (1925) e logo em seguida Fermi (1926) combinou a estatística de Bose com o princípio de Pauli, ideia que Dirac desenvolveu sob outra forma.

[1] Designamos por configuração uma distribuição macroscópica à escala molecular e por complexão, uma distribuição microscópica.

mínimo da energia livre. Então para que a configuração $\Psi = 0$ seja meta-estável em relação à configuração $\overline{\Psi} = 0$, é necessário que esta seja obtida por um processus irreversível. Se a configuração $\Psi = 0$ é estável à temperatura normal, a configuração $\overline{\Psi} = 0$ pode ser obtida por um tratamento mecânico ou por um aquecimento seguido de um arrefecimento brusco: — caso de tratamentos térmicos dos sistemas sem ponto de transformação, ou, de fenómenos de auto-difusão [1]

As transformações deste tipo podem ser interpretadas como uma conjugação de uma reacção química admitindo um equilíbrio no sentido de Guldberg e Waage e de um fenómeno de difusão.

Num dado instante e a uma determinada temperatura, consideremos uma célula (γ) de um campo α, de um sistema cuja evolução é representada, simbólicamente, por

$$1) \qquad \Sigma_i A_{i\gamma}^{mi\gamma} = 0$$

satisfazendo à condição

$$2) \qquad \prod_{i=1}^{N} C_{i\gamma} = k_{i\gamma}$$

em que mi_γ e Ci_γ são, respectivamente, uma grandesa essencialmente positiva e as concentrações relativas dos constituintes A_i no estado (γ)

Introduzindo a segunda lei de Fick e considerando um ponto de equilíbrio é

$$3) \qquad \Sigma_i D_{i\gamma} \frac{\partial^2}{\partial x^2} C_{i\gamma} = \frac{\partial}{\partial t} \Sigma_i C_{i\gamma} = 0$$

Como os $D_{i\gamma}$ da lei de Fick são apenas funções da temperatura, deverá ser

$$4) \qquad \Sigma_i \frac{\partial^2}{\partial x^2} C_{i\gamma} = 0$$

Ora, a lei de Fick é uma lei geral; então, para um campo α a n dimensões, estatìsticamente isotropo (caso de uma variedade cristalina generalizada)

$$\Delta\ (C_{i\gamma}) = 0$$

Isto é, num ponto de um campo de concentrações satisfazendo a 1) e 3) o laplaciano é nulo; e, como corolário: —

«Um campo de concentração satisfazendo a 1) e 3) não pode estar em equilíbrio sob a acção de forças exclusivamente químicas.» [1] [2]

Uma técnica metalúrgica, hoje de um alto interesse industrial, cujos fundamentos teóricos podem ser estabelecidos partindo de equações deste tipo, é a cementação. A cementação, podemos definir, é a fixação de um dado elemento, como resultante de uma interacção a uma temperatura determinada, *mas de modo tal, que o sistema fixante se mantenha no estado sólido.* É de notar, que temos como condição fundamental, que os campos de uma fase e da fase transformada coincidam. Ora, na cementação isto pode não acontecer, pois que o cemento pode ser de natureza diferente da dos constituintes do sistema.

Não existe ainda, a nosso conhecimento, uma teoria geral da cementação. A tese de H. Weiss (1923) estabelecendo a lei de influência da temperatura e do tempo é puramente experimental.

Temos de introduzir, então, nas fórmulas respectivas, factores arbitrários, caracterís-

---

(1) O termo auto-difusão aplicado a uma redistribuição, ou a um reagrupamento molecular, pode levantar reparos; porém, não encontramos outro meio adequado.

(1) Se o campo α possui uma estrutura celular (caso dos metais e ligas metálicas) $\frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2_\gamma}$ é contínua em α mas descontínua em qualquer ponto de uma fronteira. A evolução de um campo do concentrações expontâneamente, é um reagrupamento molecular da não uniformidade da concentração espacial, reagrupamento necessário para que uma equação representativa da evolução interna possa ser aplicada a cada instante ao campo total.

(2) Numa solução sólida podemos, sem erro sensível considerar os coeficientes D_i funções apenas da temperatura. Rigorosamente, temos de considerar os coeficientes D_i como funções também da concentração e a primeira lei de Fick deve ser expressa tensorialmente sob a forma

$$\mathcal{J}_i = - \Sigma_{ik}\ D_{ik}\ \Delta_{uk}$$

em que Δ_u é o gradiante das concentrações.

ticos, e considerados como constantes para cada metal — nas condições em que se realizou a experiência. Porém, os sólidos utilizados — cilindros — possuindo direcções previlegiadas, não permitem uma generalização a uma variedade arbitrária; a teoria da difusão molecular e a lei de repartição das concentrações não foram estabelecidas, e, além disso, o contacto entre as superfícies era puramente mecânico.

Não podendo ser considerada como uma teoria geral deve ser e com justiça, tomada como uma valiosíssima contribuição ao estudo do problema de cementação metálica.

III

Consideremos um sistema químico a n constituintes independentes, podendo admitir um número φ de fases e o seu domínio de existência α (campo de concentrações). As fases deste sistema, na sua distribuição mais geral são representadas cada uma, por um ponto (ou um conjunto de pontos) de α. Não existindo quaisquer relações particulares entre essas fases, as consequências gerais da lei das fases são aplicáveis sem restrições. Suponhamos, porém, que entre as fases do sistema considerado, em virtude da natureza química nas mesmas, são possíveis diferentes relações. Se a lei das fases nos permite prever, qual o número máximo de fases que podem coexistir num dado estado de equilíbrio, são as propriedades termodinâmicas e a natureza química dessas fases que determinam as possibilidades reais de coexistência. As associações naturais podem apresentar fenómenos de selecção, que reduzem o número das combinações previstas pela análise combinatória.

Representemos o conjunto das relações possíveis entre as fases pelo sistema

$$\varphi_k = \Sigma_i \; m_{ik} \; \varphi_i \qquad \begin{pmatrix} i = 1, 2, \ldots n + 2 \\ k = 0, 1 \ldots i \end{pmatrix}$$

Num campo de ordem n o número máximo de fases coexistentes num dado estado de equilíbrio é

$$i = n + 2$$

Entre estas $(n + 2)$ fases podem existir equações de relação, que correspondem a uma repartição do campo α de ordem n em células α', de ordem inferior.

(A recíproca é também verdadeira) Se assim é, a matriz dos coeficientes

$$\| m_{ik} \|$$

deve admitir determinantes associados não todos identicamente nulos.

Suponhamos que temos k equações de relação e $k < i$.

Os $(i - k)$ coeficientes que não figuram no determinante principal são relativos às fases quìmicamente indiferentes entre si.

Analizemos o caso de um sistema ternário.

Num ponto invariante, temos

$$\varphi = n + 2 = 5$$

fases em presença e as relações

$$\varphi_k = \Sigma_i \; m_{ik} \; \varphi_i$$

podem ser em número

$$k = 0, 1, 2 \ldots 5$$

Para $k = 0$, as fases são todas indiferentes entre si. O sistema é quìmicamente inerte, ou, nas condições impostas, e na ausência de catalizadores, infinitamente persistente.

A evolução do sistema não é macroscópicamente observável.

Para $k = 1$, uma relação entre as cinco fases só pode ser dos tipos

$$\alpha) \quad m_1 \varphi_1 + m_2 \varphi_2 + m_3 \varphi_3 = m_4 \varphi_4 + m_5 \varphi_5$$

ou

$$\beta) \quad m_1 \varphi_1 + m_2 \varphi_2 + m_3 \varphi_3 + m_4 \varphi_4 = m_5 \varphi_5$$

isto é, do tipo de equações monovariantes a $(3 + 2)$ fases em $(4 + 1)$ fases.

Estudemos o caso mais geral de $K = 5$.

Sociedades Reunidas de Fabricações Metálicas, Ld.ª

CONSTRUÇOES METÁLICAS

Uma das 2 comportas de segmentos fabricadas para a Sociedade Portuguesa Neyret-Beylier & Piccard-Pictet, Ld.ª, e destinada ao descarregador de cheias da barragem de Santa Luzia, da Companhia Eléctrica das Beiras

FÁBRICAS DA VENDA NOVA

Rua Vice-Almirante João António de Azevedo Coutinho

AMADORA

Telefone: VENDA NOVA 48

AUTOMÁTICA ELÉCTRICA PORTUGUESA

S. A. R. L.

Séde — RUA ANTÓNIO MARIA CARDOSO, 60
Fábrica — RUA DO TELHAL AOS OLIVAIS } LISBOA

associada da

AUTOMATIC TELEPHONE & ELECTRIC C° LTD.

LONDRES **LIVERPOOL**

Sistema de Telecomunicação e de Sinalização por correntes fracas

Aparelhagem telefónica automática «STROWGER» mundialmente conhecida — para grupos de redes completos ou centrais isoladas. ◆ Telefones de sistema manual e aparelhagem das respectivas estações. ◆ Sistema de transmissão telefónica por «alta frequência», simples ou múltiplos, e aparelhagem acessória. ◆ Cabos telefónicos e aparelhagem acessória — Interurbanos. Regionais e locais. ◆ Instalações de vigilância e contrôle a distância. ◆ Telefones e sinalização para minas. ◆ Aparelhos «ELECTROMATIC» reguladores de tráfego de veículos e outra aparelhagem.

Fornecedores: Da *Administração Geral dos Correios, Telégrafos e Telefones:* para a automatização do sistema telefónico do País.

Do *Ministério das Colónias:* para a automatização do sistema telefónico das cidades de Luanda, Lourenço Marques, e Beira.

Da *Companhia dos Telefones:* para a rede telefónica das cidades de Lisboa e Porto.

O sistema

$$\varphi_k = \Sigma_i \; m_{ik} \; \varphi_i$$

admite os tipos

$$\alpha) \begin{cases} m_1 \varphi_1 + m_2 \varphi_2 = m_3 \varphi_3 + m_4 \varphi_4 \\ m_1 \varphi_1 + m_2 \varphi_2 = m_4 \varphi_4 + m_5 \varphi_5 \\ m_2 \varphi_2 + m_3 \varphi_3 = m_5 \varphi_5 + m_1 \varphi_1 \\ m_3 \varphi_3 + m_4 \varphi_4 = m_5 \varphi_5 + m_1 \varphi_1 \\ m_4 \varphi_4 + m_5 \varphi_5 = m_2 \varphi_2 + m_5 \varphi_5 \end{cases}$$

$$\beta) \begin{cases} m_1 \varphi_1 + m_5 \varphi_5 = m_3 \varphi_3 + m_4 \varphi_4 \\ m_1 \varphi_1 + m_5 \varphi_5 = m_2 \varphi_2 + m_3 \varphi_3 \\ m_2 \varphi_2 + m_3 \varphi_3 = m_4 \varphi_4 + m_5 \varphi_5 \\ m_1 \varphi_1 + m_2 \varphi_2 + m_4 \varphi_4 = m_4 \varphi_4 \\ m_1 \varphi_1 + m_2 \varphi_2 + m_5 \varphi_5 = m_4 \varphi_4 \end{cases}$$

$$\text{Tipo } \gamma) \begin{cases} m_2 \varphi_2 + m_3 \varphi_3 = m_4 \varphi_4 + m_5 \varphi_5 \\ m_1 \varphi_1 + m_2 \varphi_2 + m_5 \varphi_5 = m_3 \varphi_3 \\ m_1 \varphi_1 + m_2 \varphi_2 + m_3 \varphi_3 = m_4 \varphi_4 \\ m_1 \varphi_1 + m_4 \varphi_4 + m_5 \varphi_5 = m_3 \varphi_3 \\ m_1 \varphi_1 + m_2 \varphi_2 + m_5 \varphi_5 = m_4 \varphi_4 \end{cases}$$

O tipo α) é caracterizado por ser um sistema de cinco equações a $(2 + 2)$ fases; o tipo β) é um sistema com três equações a $(2 + 2)$ fases e duas equações a $(3 + 1)$ fases; o tipo γ) é um sistema com uma equação a $(2 + 2)$ fases e quatro equações a $(3 + 1)$ fases.

Notemos, por exemplo, que o tipo γ) se pode escrever sob a forma

$$\gamma' \begin{cases} m_1 \varphi_1 + m_5 \varphi_5 = m_2 \varphi_2 + m_4 \varphi_4 \\ m_1 \varphi_1 + m_2 \varphi_2 + m_3 \varphi_3 = m_4 \varphi_4 \\ m_2 \varphi_2 + m_3 \varphi_3 + m_4 \varphi_4 = m_5 \varphi_5 \\ m_1 \varphi_1 + m_2 \varphi_2 + m_3 \varphi_3 = m_5 \varphi_5 \\ m_1 \varphi_1 + m_3 \varphi_3 + m_5 \varphi^5 = m_4 \varphi_4 \end{cases}$$

A existência de determinantes

$$\Delta_{ik} = | \, m_{ik} \, | \neq 0$$

implica certas relações entre as composições das diferentes fases.

Chamemos aos constituintes do sistema A, B e C. Um sistema a três constituintes e a três fases é monovariante (considerando p = const, caso corrente na Metalurgia).

Para uma temperatura determinada, as fases têm uma composição que é representada por um ponto do espaço e que deve estar sobre a aresta correspondente a cada fase. A intersecção de um volume representando uma região a três fases com um plano isotérmico é um triângulo e as fases φ_i correspondem a pontos internos do triângulo (A B C).

Consideremos o sistema γ'), por exemplo.

Atendendo às equações 2) e 4) as fases φ_4 e φ_5 são pontos internos do triângulo $(\varphi_1 \varphi_2 \varphi_3)$ atendendo a equação 3) a fase φ_5 é ponto interno ao triângulo $(\varphi_2 \varphi_3 \varphi_4)$; atendendo à equação 5) a fase φ_4 é um ponto interno do triângulo $(\varphi_1 \varphi_3 \varphi_5)$.

Os pontos φ_4 e φ_5 pedem, numa posição limite, estão situados, respectivamente sobre os lados $\overline{\varphi_1 \varphi_3}$ e $\overline{\varphi_2 \varphi_3}$. Então os sistemas $(\varphi_1 \varphi_3 \varphi_5)$ e $(\varphi_2 \varphi_3 \varphi_4)$ admitem deformações homogéneas que correspondem às transformações — reacções em fase sólida

$$a) \quad \varphi_4 = \varphi_1 + \varphi_3$$

$$b) \quad \varphi^5 = \varphi_2 + \varphi_3$$

As equações a) e b) definem φ_4 e φ_5 como Daltonídeos [1] — configurações definidas num ponto e cuja formação obedece à lei de Dalton — em relação às macroestruturas

$$[\varphi_1 \, , \, \varphi_3]$$

$$[\varphi_2 \, , \, \varphi_3]$$

É fácil de ver que uma deformação homogénea pode levar também à transformação,

$$c) \quad \varphi_4 \rightleftarrows \varphi^5$$

que é meta estável se exclui as reacções a) e b) e instável, se uma delas, pelo menos é possível.

---

(1) As designações de Daltonídeo e Bertholídeo para as configurações defenidas num ponto e num intervalo de homogeneidade $(x - a, x + b)$ são devidas a Franz Halla, prof. da Technischen Hochschule, de Viena.

Se o ponto 0 é um ponto de transformação, satisfazendo também à equação

$$\varphi_2 + \varphi_4 \rightleftarrows \varphi_1 + \varphi^5$$

a reacção

$$\varphi_4 \rightleftarrows \varphi^5$$

corresponde a uma transformação polimórfica em presença de uma fase estranha.

Chama-se polimorfia à propriedade que um dado corpo tem de, sob a mesma fórmula química, apresentar estruturas cristalinas diversas. Isto é, sob a influência de certos factores, um dado sistema material pode sofrer uma transformação tal, que a sua composição química se mantém invariável, havendo apenas uma alteração da sua estrutura interna, que corresponde, necessàriamente a uma nova configuração. Se uma dada configuração admite uma dupla visinhança, é possível encontrar a uma determinada temperatura, fases distintas, correspondentes ao equilíbrio enantiotrópico

$$\varphi_{i\,(T,\,p)} \rightleftarrows \varphi_{k\,(T,\,p)}$$

Se as fases φ_1 e φ_K admitem campos coincidindo com domínios de estabilidade, as transformações enantiotrópicas são expontâneas; se a transformação é irreversível à temperatura e pressão consideradas, a transformação diz-se monotrópica.

Estas transformações que são gerais, são favorecidas pelos factores que aumentem a instabilidade interna do sistema, e assim, a *agitação nas reacções químicas e o aquecimento nos tratamentos térmicos correspondem a acções com efeitos semelhantes.*

Para terminar:

Podemos classificar as transformações em fase sólida em dois grandes grupos:

I) — Caracterizado por uma transposição atómica não ordenada — um fenómeno de difusão;

II) — Caracterizado por um transporte atómico orientado.

No grupo I) o movimento não se dá simultâneamente para todos os átomos interligados pela cadeia atómica respectiva: há apenas uma troca de lugares, que está ligada com a variação da concentração. Para baixas temperaturas só se realizam de uma maneira insensível, devendo ser rigorosamente nulas ao zero absoluto.

No grupo II), a transformação pode ser consequência de uma acção mecânica (deformação) ou de um aquecimento. Dão-se no caso de dilatações ou contracções direccionais, nas quais seja possível constatar variações de dimensões dos elementos de simetria da célula elementar cristalina.

Podem ser previstas pela lei das fases, como uma consequência das relações quimiográficas existentes entre as fases do sistema considerado.

Os tratamentos mecânicos, químicos e térmicos dos metais e ligas metálicas envolvem, sempre, fenómenos de transformação em fase sólida.

Ao investigarmos os princípios científicos da técnica metalúrgica, no intuito de estabelecermos as bases da sua independência, caímos — caprichoso destino — num capítulo da Química-física.

MOAGEM, MISTURA E SEPARAÇÃO

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES

Assistente do I. S. T.

C. D. 66

Nos três artigos anteriores, dedicados ao problema do transporte de sólidos, de líquidos e de gases, nas instalações industriais, fizemos algumas aplicações, de um modo geral, bastante simples, de princípios já conhecidos, a problemas que, pela sua própria natureza, se deixam «domesticar» com relativa facilidade, enquadrando-se, com uma certa lógica, dentro das bases teóricas gerais. Infelizmente, esta facilidade de estudo não constitui regra geral, porque há muitos problemas que são essencialmente «selvagens» e que só se deixam «agarrar» com um pouco de subtileza e de habilidade, pelo que não é possível dominá-los completamente, não podendo haver, portanto, a pretensão de ir além de uma aproximação que, por vezes, é bastante grosseira.

Mas, mesmo neste caso, a Técnica não pode alhear-se da sua «missão civilizadora» de arrancar os problemas da prática, da «floresta virgem» do empirismo e não pode esquecer que lhe compete desembaraçar-se das dificuldades que a não deixam avançar, até estabelecer um caminho, mais ou menos «transitável» através do qual se possa chegar à essência das questões com que tem de estar em contacto.

Por esta razão, vamos tentar estabelecer uma certa sistematização no estudo de dois problemas que lògicamente, devem suceder ao estudo dos sistemas de transporte: a mistura dos reagentes e a separação dos produtos da reacção, ou, de um modo mais geral, a mistura e a separação. Não se pode esperar que, neste estudo, se atinja, em certos pontos, um grande rigor, mas, pelo menos, ter-se-á uma ideia da maneira como os diferentes factores actuam nos processos considerados, por meio de relações quantitativas cuja exactidão será indicada em cada caso particular e que permitirão estabelecer, teòricamente, a ordem de grandeza dos valores utilizados na prática.

* * *

É evidente que a realização de qualquer das duas operações mencionadas, depende, fundamentalmente, das propriedades físicas das substâncias que se pretende misturar ou separar, procurando-se, como é lógico, para a mistura, as propriedades comuns e, pelo contrário, para a separação aquelas que sejam tão distintas quanto possível. Consegue-se, deste modo, um ponto de partida que vai permitir utilizar um critério racional no estabelecimento dos diferentes processos que podem ser aplicados na mistura e na separação.

a) *Mistura*

As propriedades físicas das várias substâncias são diferentes, por natureza; por isso, é necessário criar, artificialmente, características que as tornem semelhantes. Este objectivo consegue-se, na prática, subdividindo as substâncias a misturar em partículas de igual volume, o qual convém ser o menor possível, a fim de dar origem a uma mistura mais íntima.

No caso dos corpos sólidos, esta subdivisão, terá de se fazer, evidentemente, por meio de moinhos, pelo que o problema da *moagem* será considerado em primeiro lugar [1].

---

[1] A moagem pode fazer-se sem ter por objectivo efectuar uma mistura.

b) *Separação*

As diferenças dos valores das constantes físicas aproveitam-se, nos processos de separação, porque os diversos constituintes comportam-se de maneira diferente em relação às acções físicas a que a mistura for submetida. É necessário, porém, que essa diferença de comportamento possa ser utilizada na prática, isto é, que se traduza num movimento dos constituintes para pontos diferentes ou a velocidades diferentes. Sendo assim, ficam excluídas, imediatamente, as propriedades ópticas e acústicas, limitando-se a questão ao aproveitamento das propriedades mecânicas, termodinâmicas, eléctricas e magnéticas.

É lógico que as propriedades eléctricas e magnéticas só possam ser utilizadas em casos especiais: as primeiras, porque exigem a criação de campos eléctricos de voltagens elevadas e as segundas porque se restringem às substâncias fortemente ferro-magnéticas.

Por estas razões, a grande maioria das separações da Indústria Química efectua-se por processos mecânicos e termodinâmicos.

I — *Processos mecânicos*

Baseiam-se nas diferenças de volume das partículas e nas diferenças de peso específico dos constituintes.

II — *Processos termodinâmicos*

Baseiam-se nas diferenças de pontos de ebulição, na maior ou menor solubilidade num dado dissolvente e nos fenómenos de absorpção.

Indicadas, assim, as propriedades que podem ser aproveitadas, resta só aplicá-las a cada caso particular.

1) *Separação de sólidos, de sólidos*

I — *Diferenças de volume*

Aproveitam-se na peneiração e na classificação por meio de um líquido ou gás.

II — *Diferenças de peso específico*

Aproveitam-se para a separação de partículas de substâncias diferentes, por meio de um líquido ou gás.

III — *Propriedades magnéticas*

Aproveitam-se para separar pedaços de ferro de uma substância qualquer.

IV — *Diferenças de solubilidade num dado dissolvente*

Aproveitam-se na extracção.

2) *Separação de sólidos, de líquidos*

I — *Diferenças de peso específico*

Aproveitam-se na sedimentação e espessamento.

II — *Diferenças de volume das partículas do líquido e do sólido* (1)

Aproveitam-se na filtração, na prensagem e na centrifugação.

III — *Diferenças de pontos de ebulição*

Aproveitam-se na secagem.

IV — *Extracção*

V — *Diferenças de solubilidade às várias temperaturas*

Aproveitam-se na cristalização (2).

3) *Separação de sólidos, de gases*

I — *Sedimentação*

II — *Filtração*

III — *Propriedades eléctricas*

Aproveitam-se na separação eléctrica de poeiras.

---

(1) O líquido pode, sempre, supor-se constituído por partículas de dimensões mais pequenas que as do sólido.

(2) Neste caso o sólido não se separa do líquido, mas sim, de uma solução saturada.

4) *Separação de líquidos, de líquidos*

I — *Diferenças de peso específico*

Aproveitam-se na decantação.

II — *Diferenças de pontos de ebulição*

Aproveitam-se na destilação.

5) *Separação de líquidos, de gases*

I — *Destilação*

II — *Absorpção*

6) *Separação de gases, de gases*

I — *Diferenças de pontos de ebulição*

Aproveitam-se na condensação.

II — *Absorpção*

Esta série de processos indicados mostra que o estudo completo do problema é bastante longo e, por isso não poderá ser tratado num único artigo. Por uma questão de ordem, distribuiremos este assunto por 11 artigos, que publicaremos sem preocupações de regularidade e com os títulos seguintes:

Moagem
Mistura
Peneiração. Classificação. Separação por densidades. Separação magnética e eléctrica
Extracção
Sedimentação. Espessamento
Filtração. Prensagem
Centrifugação
Secagem
Cristalização
Decantação. Distilação. Condensação
Absorpção

Nomógrafo de alinhamento para medida de volumes em reservatórios cilíndricos horizontais de secção circular e elíptica

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL (I. S. T.) J. CASTRO E MELO

C. D. 516 : 66

A medição de volumes em reservatórios cilíndricos horizontais é, frequentemente, operação normal na rotina duma fábrica.

É costume construir-se um gráfico para cada reservatório, que dá directamente o volume em função da altura do líquido medida com uma sonda. Este processo é incómodo por obrigar ao desenho de um novo gráfico sempre que se instalam novos reservatórios.

Quando se pretende ladear esta dificuldade recorrendo a dados já publicados, cedo se verifica que são bastante incompletos. Sob a forma de tabelas [1] são inevitáveis as fastidiosas interpolações pois o número de diâmetros considerado é pequeno. Existe ainda um nomógrafo preparado por Davis [2] pouco cómodo por conter cinco eixos.

Como inconvenientes adicionais, podemos ainda mencionar o facto de nenhuma das fontes citadas considerar o caso dos reservatórios elípticos, bastante frequentes em carros-tanques e mesmo em instalações fixas, e ainda o uso de medidas inglesas que obriga a conversões laboriosas.

Descrevemos a seguir o método de cálculo de que nos servimos para a construção de um nomógrafo de alinhamento original que resolve o problema com toda a generalidade e simplicidade.

No que vai seguir-se consideraremos o caso geral da secção elíptica, que contém evidentemente a secção circular como caso particular.

O problema consiste essencialmente em obter a expressão do volume em forma tal que permita a sua determinação por um simples nomógrafo de multiplicação. Estes nomógrafos resolvem equações do tipo

$$f(x) = F(y).F'(z) \qquad (1)$$

sendo y e z variáveis independentes.

No caso presente, e para que o nomógrafo possa aplicar-se a reservatórios de quaisquer dimensões, é necessário que a expressão anterior assuma a forma

$$f(V) = F(a, b, L).F'(h) \qquad (2)$$

sendo a, b, L variáveis representativas das dimensões do reservatório e h a altura do líquido contido no mesmo. De outra maneira: o volume deve ser dado por um produto de duas funções. Uma só função das dimensões do reservatório e a outra apenas função do nível do líquido.

Consideremos um reservatório de comprimento L e de secção elíptica com as dimensões da figura junta. O volume do líquido nele contido é igual ao produto da área S pelo comprimento L. Sendo S_e a área total da secção, tem-se:

$$S = \frac{S_e}{2} - 2\,S_o \qquad (3)$$

O problema reduz-se então a determinar uma expressão conveniente para a área S_o.

(1) Perry, *Chemical Engineers Handbook*, 119. Mc Graw-Hill, N. Y., 1941.

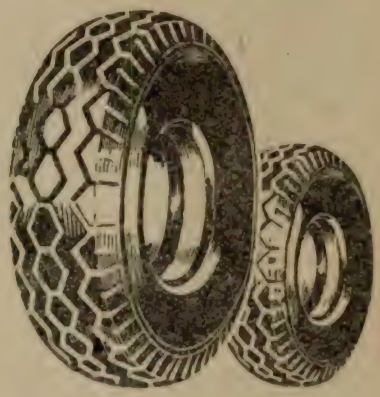
(2) Davis, *Ind. Eng. Chem.* (32) 1412 (1940).

Pneus e câmaras de ar

MABOR

Produção da

Manufactura Naçional de Borracha



ISOLAMENTOS CONTRA RUIDOS E VIBRAÇÕES

SOCIEDADE PORTUGUESA

ABSORBITE

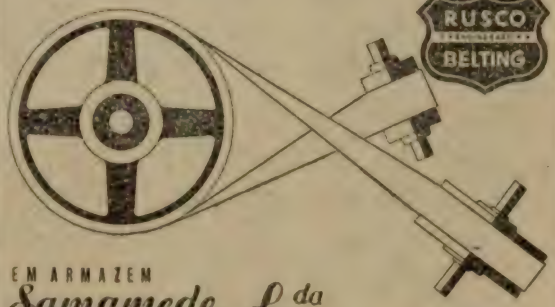
RUA FILIPE FOLQUE, 77, R/C.

TELEF. 25059 — 47120

THE RUSSEL M F G. Co

correias

CENTERFLEX



EM ARMAZEM

Samamede, L.da

agentes exclusivos....

Rua Nova do Almada, 74 b-74 c.

OFICINAS E LABORATÓRIOS
DO
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

MPL

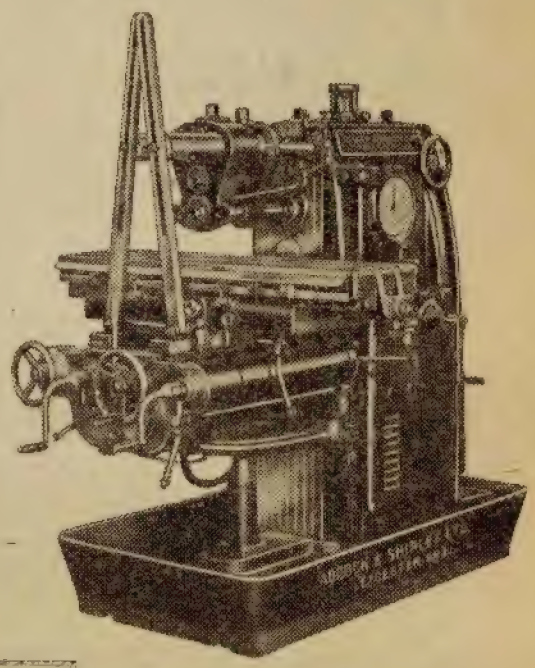
- Tornos mecânicos de precisão com caixa de engrenagens
- Máquinas de fresar universais
- Limadores mecânicos
- Máquinas de furar
- Barbequins eléctricos, etc.

Todas estas máquinas são construídas segundo os mais modernos princípios técnicos de grande rendimento e precisão e provêm de fábricas de primeira grandeza.

Entrega imediata ou a breve prazo

MÁQUINAS DE PRECISÃO, LIMITADA

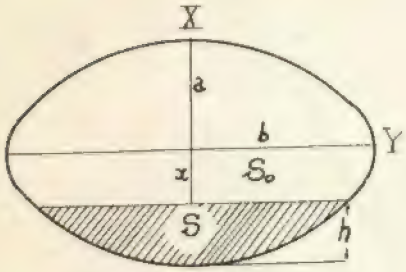
(Director: Eng.º J. D'ARRIAGA DE TAVARES)



Armazém de exposição: **Rua da Boa Vista, 45-49 — LISBOA // Telef. 6 1581**

Considerando a equação duma elipse referida aos eixos,

$$S_o = \frac{b}{a}\int_o^x \sqrt{a^2-x^2}\,dx = \frac{1}{2}\cdot\frac{b}{a}\left(x\sqrt{a^2-x^2} + a^2 \operatorname{arcsen}\frac{x}{a}\right) \qquad (4)$$



Exprimindo a variável x em percentagem do semi-eixo vertical, para o que basta efectuar a mudança de variável $x = k.a$, obtemos a expressão conveniente para S_o a partir da expressão (4):

$$S_o = \frac{1}{2}\,a.\,b\left(k\sqrt{1-k^2} + \operatorname{arcsen} k\right) \qquad (5)$$

Atendendo a que a área total da secção é $S_e = \pi\,a.b$, obtemos finalmente a espressão da área S a partir da equação (3):

$$S = \frac{1}{2}\pi\,a.b - a.b\left(k\sqrt{1-k^2} + \operatorname{arcsen} k\right)$$

$$= a.b\left(\frac{\pi}{2} - k\sqrt{1-k^2} - \operatorname{arcsen} k\right) \qquad (6)$$

Multiplicando por L, temos imediatamente o volume:

$$V = a.b.L\left(\frac{\pi}{2} - k\sqrt{1-k^2} - \operatorname{arcsen} k\right) \qquad (7)$$

Obtemos assim a expressão do volume na forma que nos propusemos.

Comparando com a expressão (2) observamos apenas uma ligeira diferença. Na expressão (7) a variável que se exprime em percentagem do semi-eixo vertical não é a altura do líquido, mas sim a distância do nível deste ao plano médio do reservatório.

Todavia a correspondência entre as duas variáveis obtém-se por uma relação simples pois $k + \frac{h}{a} = 1$.

Assim, exprimindo igualmente a altura do líquido em percentagem do semi-eixo vertical, obtém-se esta imediatamente calculando o complemento de k para a unidade.

Uso do nomógrafo

Condensando o produto abL numa variável única C, a expressão (7) toma finalmente a forma para ser resolvida por um nomógrafo de multiplicação:

$$V = C\left(\frac{\pi}{2} - k\sqrt{1-k^2} - \operatorname{arcsen} k\right) \qquad (8)$$

Cada reservatório é definido por um valor particular da variável C, por intermédio das suas dimensões.

Um dos eixos do nomógrafo representará a variável C. Outro a função F' (k) contida nos parêntesis da equação (8). Note-se que em vez dos valores de k, se inscrevem neste eixo os correspondentes valores de h/a por serem estes que directamente nos interessam. Num terceiro eixo será lido o volume U, produto das funções anteriormente referidas.

A maneira de construir o nomógrafo, que não indicamos por não interessar ao nosso objectivo, pode ler-se em qualquer bom livro de Nomografia [1].

Por uma escolha conveniente de escalas, o nomógrafo realiza dois cálculos: o do volume e secundàriamente o cálculo do cociente h/a se se tornar necessário. Os dois exemplos seguintes são suficientes:

a) Um reservatório elíptico tem as seguintes dimensões em metros:

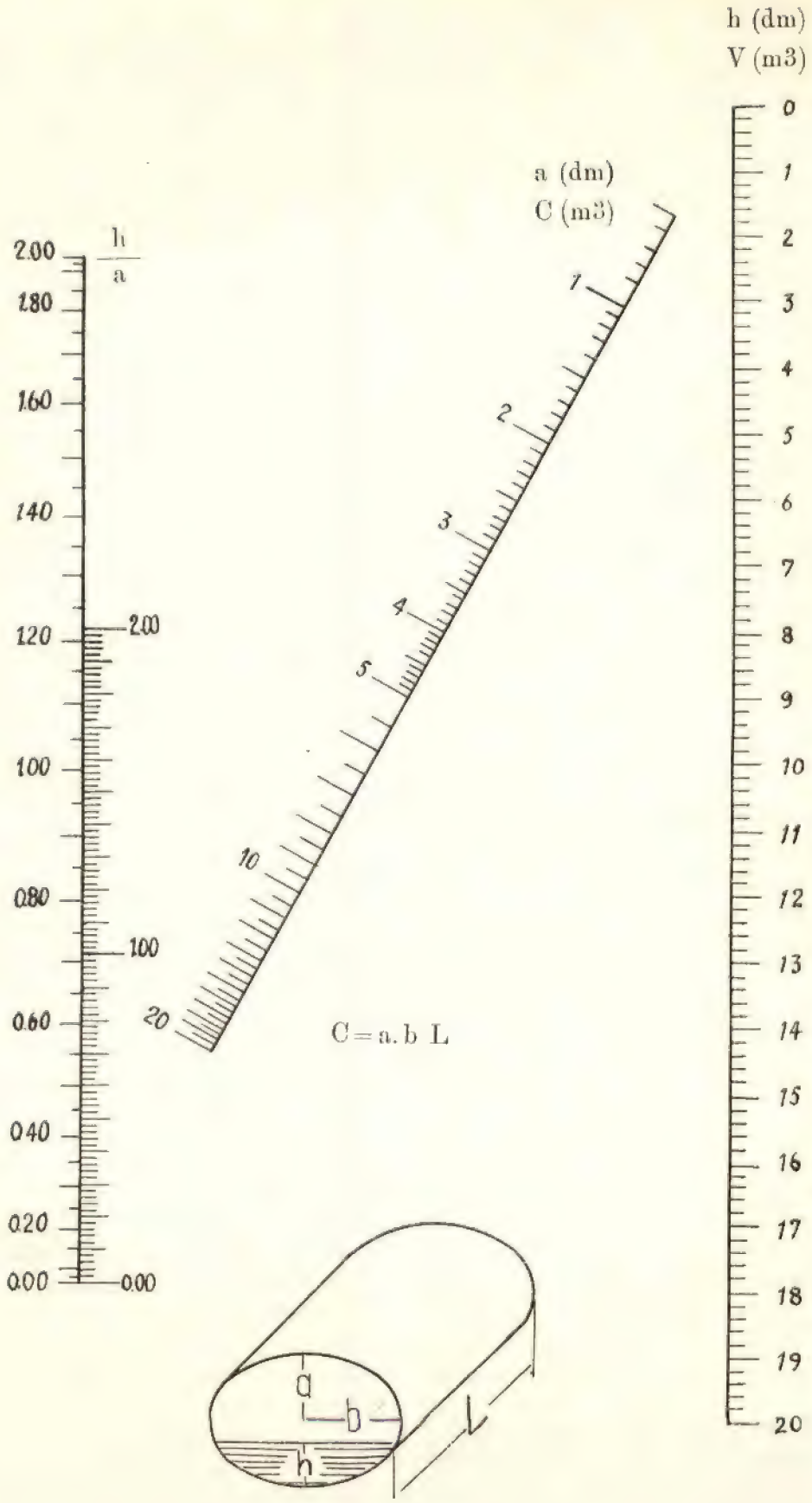
$a = 0.8$ $b = 1$ $L = 3$. Que volume de líquido conterá quando a altura deste atingir 1.2m?

Determinamos o valor de C: $C = 0.8 \times 1 \times 3 = 2.4\ m^3$

Altura do líquido em perc. do semi-eixo vertical: $h/a = 1.2/0.8 = 1.5$

---

[1] Aconselhamos: Davis, *Empirical equations and nomography* Mc Graw-Hill, New York, 1943.


h (dm)
V (m3)
a (dm)
C (m3)
h/a
C = a. b L
a
b
h
L

Procurando na escala *exterior* do eixo (h/a) o ponto 1 . 5, alinha-se este com o ponto representativo de 2 . 4 no eixo C. A recta assim definida corta o eixo V no ponto 6 . 1 m^3 que é o volume pedido.

b) Que volume conterá o mesmo reservatório se a altura do líquido for de 0 . 35m? Temos igualmente de determinar o cociente h/a para entrarmos com ele no respectivo eixo. Todavia a sua determinação aqui não é mentalmente cómoda. Procedemos então do seguinte modo:

Alinha-se o ponto representativo de *h em decímetros* (3 . 5) no eixo h ≡ V com o valor de *a em decímetros* lido no eixo a ≡ C (8). Prolongando a recta assim definida, lemos na escala *interior* do eixo h/a o valor deste cociente: 0 . 44. Alinhando agora este valor tomado *na escala exterior* do mesmo eixo com o ponto representativo de C = 2 . obtemos novamente no eixo V o volume pedido: 1 . 2 m^3.

O uso deste nomógrafo torna assim a determinação de volumes altamente fácil, se nos lembrarmos que o valor de C se determina por simples multiplicações e de uma vez para sempre para cada reservatório e que pode ser marcado no respectivo eixo com uma referência.

Para mediações frequentes, é de aconselhar o uso de um «pivot» como referência que servirá de eixo a uma régua transparente. Obtém-se assim o máximo de rapidez e de precisão.

TOPOGRAFIA GERAL

PELO ENGENHEIRO

CARVALHO XEREZ

REACTIVIDADE DO CARVÃO DE MADEIRA

IDEIAS GERAIS — PRIMEIROS ENSAIOS

POR VERGÍLIO RUI TEIXEIRA LOPO

Assistente do I. S. T.

C. D. 662.6

Entendeu o Instituto Português de Combustíveis ser oportuno o estudo da reactividade do carvão de madeira, mais especificamente, o estudo da reactividade dos carvões vegetais portugueses. E estabeleceu, complementarmente, que era esta a característica que deveria ser determinada para completar o estudo sistematizado dos carvões obtidos por carbonização das nossas madeiras — estudo a que o I. P. C. procedeu com alguns carvões do continente e está continuando com carvões obtidos por destilação de madeiras de Angola.

Assim posto o problema, compilou o Eng.º Marques Pereira numerosa e seleccionada bibliografia com que determinou, em princípio, o tipo de aparelho a utilizar para a determinação da carboxireactividade e estabeleceu um primeiro plano geral de trabalhos. Foi-nos distribuído, para as horas que escassamente sobravam das aulas e da assistência no último ano do curso, o início da montagem e do estudo do problema posto.

As linhas que seguem pretendem dar, precisamente, ideia — mais incerta que seria para desejar — da posição do problema, das conclusões dos primeiros ensaios e daí tirar directrizes para o traçado dos futuros trabalhos.

I — Posição do problema

O estudo da reactividade do carvão impôs-se — (melhor dizendo, impõe-se) pelo interesse crescentemente suscitado na utilização mais racional deste combustível. E a sua justificação estaria na importância que a reactividade tem mostrado ter em toda a técnica que utiliza coque ou carvão de madeira, confirmada pela multiplicidade de ensaios que sobre reactividade se têm feito (só memórias publicadas há cerca de quinhentas), se o ensaio da reactividade não estivesse — pelo menos em nosso entender — integrado num movimento mais geral de ensaios de tendência de racionalização da técnica.

Na verdade, da tendência, justificada pela necessidade, que se vai desenhando cada vez mais, de aproveitar integralmente as matérias primas do próprio país no que são susceptíveis de produzir riqueza e com a exigência de obter delas produtos de qualidade — se deduz fàcilmente que a técnica que o permite, só pode ser uma técnica bem alicerçada em bases científicas. E isto, que se verifica de maneira mais evidente nos minérios e nos combustíveis, reflecte-se imediatamente nos processos que a técnica deve ter na escolha e preparação das matérias primas e no controle do fabrico dos produtos.

Temos bem presente a lição que a visita recente a algumas importantes instalações suíças nos deu no escasso tempo de visita.

Onde havia uma técnica perfeita, havia o mais cuidadoso e completo controle. O ensaio, tanto quanto possível racionalizado, estava na base e na verificação de todo o fabrico.

O problema da reactividade, se na sua ideia base, já vem talvez de 1885, pela verificação na Alemanha, quando da substituição nos altos fornos, do carvão de madeira pelo coque metalúrgico, de que para a obtenção da mesma quantidade de gusa era necessário uma maior quantidade de coque e de que com a *qualidade* deste variava também a quantidade a empregar para idênticos valores do poder calorífico — só em 1921 tomou verdadeira forma. As primeiras noções — na sua generalidade de «combustibilidade» e «actividade» — e os primeiros ensaios, resultaram das observações do funcionamento dos altos fornos, muito especialmente americanos durante a primeira Grande Guerra. Da diversidade de equilíbrios que simultâneamente têm lugar no alto forno e que tanto dificultam a observação minuciosa dos fenómenos que se lá passam, ressaltou a importância que deveria ter a «faculdade de um combustível realizar o mais ràpidamente possível o estabelecimento do equilíbrio de Boudouard

$$CO_2 + C \rightleftarrows {}_2CO \mp 38{,}8 \text{ Cal.}»$$

Fàcilmente o problema, nesta sua ideia base, saíu do campo siderúrgico, para o dos fornos de cal, dos aparelhos de aquecimento e dos gasogénios.

Com efeito, na gaseificação do carbono, parece evidente que convém empregar o combustível que mais fàcilmente vá reagir com o oxigénio, o anidrido carbónico e o vapor de água. A melhoria de rendimento termoquímico obtém-se com a elevação do calor latente do gás obtido e simultânea diminuição de calor sensível, portanto com maior formação de óxido de carbono, dado que a reacção é endotérmica.

Por outro lado, no aquecimento, a reactividade deveria interessar nas duas hipóteses a pôr: por um lado para a mesma quantidade de combustível empregado a temperatura mais elevada seria obtida com aquele que se queimasse mais ràpidamente; por outro lado não se permite temperatura que atinja a de fusão das cinzas. Ora um combustível muito reactivo dá uma maior maleabilidade ao aquecimento: com tiragem forte, o coque deverá queimar-se com velocidade grande que permite maior produção de calor e com tiragem fraca não deve apagar-se.

As opiniões têm-se dividido sobre a maneira como a reactividade do coque influencia a produção de um forno metalúrgico. «Parece haver acordo sobre o facto de que um forno ventilado, alimentado por coque, é levado a temperatura muito alta com coque inerte e que a temperatura se baixa tanto mais quanto maior a reactividade do coque» — escrevia em 1935 A. Reis em «Chimie et Industrie». E na explicação do fenómeno também parece haver concordância: o oxigénio desaparece mais fàcilmente atingindo o coque e a reacção com o anidrido carbónico, que é endotérmica, é acelerada».

Pareceria que em fundição a maior parte dos técnicos deveria exigir um coque inerte, mas as polémicas neste ponto têm sido numerosas de há vinte anos para cá e parece ser tendência, hoje, a utilização no alto forno de carvões reactivos com aceleração da marcha do forno e economia de combustível. Isto se justifica em parte pela maior formação de óxido de carbono, diminuição de temperatura, aliás suficiente para manter o funcionamento normal com vantagem para a reacção de redução, exotérmica,

$$CO + OFe \rightleftarrows CO_2 + Fe \pm Q$$

Têm sido técnicos americanos os que mais se têm pronunciado sobre o assunto e entre outros citaremos Bell (Soc. Iron Steel Ind.), Howland (Am. Ind. Min. Met. Eng.), Kopper, Perrot y Sherman; a base tem sido sempre a observação do funcionamento dos altos fornos, medindo zonas de reacção e analisando os gases. Em França Arend e Wagner, na Inglaterra Mott, Weller e Cobb ocuparam-se igualmente do assunto.

No fabrico de cal, o problema pôs-se de modo análogo. Embora pareça que, o que deve interessar seja a elevação de tempera-

tura para a decomposição sem gaseificação nas camadas superiores e portanto carvão pouco reactivo — o que é certo é que as opiniões também se dividem ainda.

No fabrico do gás de água, uma reactividade elevada aumenta o rendimento do gasogénio e melhora o poder calorífico do gás; para o fabrico de hidrogénio isento de óxido de carbono em que convém realizar a reacção

$$C + 2OH_2 \rightleftarrows CO_2 + 2\,H_2$$

e suprimir a redução do anidrido carbónico pelo carvão, ainda uma alta reactividade nos convém. Ela permite trabalhar a temperaturas suficientemente baixas em que o equilíbrio de Boudouard conduz a teor elevado em anidrido carbónico.

Mas aqui há que pôr um problema novo: o da reactividade do carvão perante o vapor de água, que caracterizará a velocidade com que o carvão reage com o vapor de água em condições determinadas.

Tamanho tem sido o interesse suscitado por estes problemas que de 1926 a 1945 só sobre reactividade de carvões para gasogéneos, foram publicadas mais de duzentas e cinquenta memórias. Em todas elas, o combustível quase sempre tratado foi o coque. O problema continua posto, com alguns resultados assentes, para este combustível. Para o carvão de madeira, porém, poucos são os trabalhos que nos dão conclusões precisas. Não encontrámos senão referências reduzidas a estudos feitos em especial por franceses e japoneses, dando a ideia de que só recentemente se procuraram generalizar os ensaios feitos para o coque a este combustível.

O problema da reactividade continua portanto a revestir o aspecto de investigação no intuito de procurar coordenar os resultados dos ensaios laboratoriais com os da prática; de diferenciar carvões por esta característica; de procurar relações entre a reactividade (oxi-, carboxi-, ou hidroreactividade) e as propriedades físicas, químicas e factores de experiência de cada carvão; de relacionar os ensaios entre si.

Para o coque, dentre a diversidade de ensaios feitos e de factores determinados como influenciando a reactividade e no meio, por vezes, de opiniões antagónicas algumas conclusões se podem estabelecer como assentes.

Há um caminho traçado, há inúmeras experiências, há uma verificação de resultados pela observação da técnica industrial a que se referem.

Quanto ao carvão de madeira, pelo menos às nossas mãos, nada chegou de bibliografia que não fossem referências a ensaios comparativos entre coques, carvões de madeira, carvões de retorta, grafite etc., e considerações sobre permeabilidade, sempre em ensaios subsidiários do coque, mas sem especificação quer relativa à natureza da madeira de que se obtém, quer às características da destilação por que se obteve.

Assim, tudo é mais obscuro e incipiente para o carvão de madeira, se bem que por generalização e comparação, os ensaios para este devam ser à semelhança dos para o coque, e as características a determinar como factores de reactividade, as correspondentes.

Foi isto que nos propusemos iniciar e presumìvelmente continuar, no respeitante a orientação de trabalho. As primeiras conclusões ficam, porém, aqui já expostas, depois do estabelecimento de algumas noções gerais que importa referir primeiro.

II — Noções Gerais

A — *Definição*

Seguimos, por ser a que mais se adapta à aplicação, a definição apresentada por H. Guérin: *Reactividade de um combustível submetido em determinadas condições à acção de um gás, é a velocidade de reacção com esse gás.*

Será *carboxireactividade* se esse gás for o anidrido carbónico, realizando-se a reacção

$$C + CO_2 \rightleftarrows 2\,CO \mp 38{,}8 \text{ Cal}$$

Será *oxireactividade* ou *combustibilidade* se o gás for o oxigénio e a reacção

$$C + O_2 \rightleftarrows CO_2 \pm 97{,}6 \text{ Cal}$$

e *hidroreactividade* se se tratar do vapor de água e a reacção

$$C + OH_2 \rightleftarrows CO + H_2 \mp 28{,}8 \text{ Cal}$$

Isto substitue com precisão a ideia geral de «aptidão de um combustível a reagir» e dá uma primeira ideia do processo para a avaliação da reactividade em qualquer dos seus aspectos.

Para determinadas condições de débito de gás, pressão, temperatura, calíbre, duração de contacto, etc., as velocidades deverão ser diferentes, de combustível para combustível, dado que se trata em qualquer dos casos, de equilíbrios heterogéneos.

Tal como para o coque, o problema da reactividade do carvão de madeira, deverá ter como objectivos os seguintes:

1 — Escolha de método de determinação
2 — Determinação dos factores que influenciam esta grandeza:

a — Inerentes ao combustível
b — Factores experimentais.

Os nossos primeiros ensaios incidiram sobre a carboxireactividade por ser esta a característica que primeiro interessa determinar, dada a generalização do emprego da reacção de redução do anidrido carbónico.

B — *O equilíbrio de Boudouard e a cinética da reacção*

É sabido que dada a reacção de equilíbrio

$$CO_2 + C \underset{2}{\overset{1}{\rightleftarrows}} {}_2CO$$

para uma determinada temperatura a velocidade da reacção (1) é num dado instante

$$V_1 = K_1 [CO_2]$$

e a velocidade da reacção (2) será

$$V_2 = K_2 [CO]^2$$

em que $[CO]$ e $[CO_2]$ representam as concentrações do óxido de carbono e do anidrido carbónico na fase gasosa nesse mesmo instante.

Uma vez atingido o equilíbrio, $v_1 = v_2$ e portanto

$$\frac{[CO_2]}{[CO]^2} = \frac{k_2}{k_1} = K$$

A constante K varia com a temperatura segundo a lei da isodissociação de Le Chatelier

$$\frac{J}{R} \int Q \frac{dT}{T^2} + \delta\nu \log P - \log K = C$$

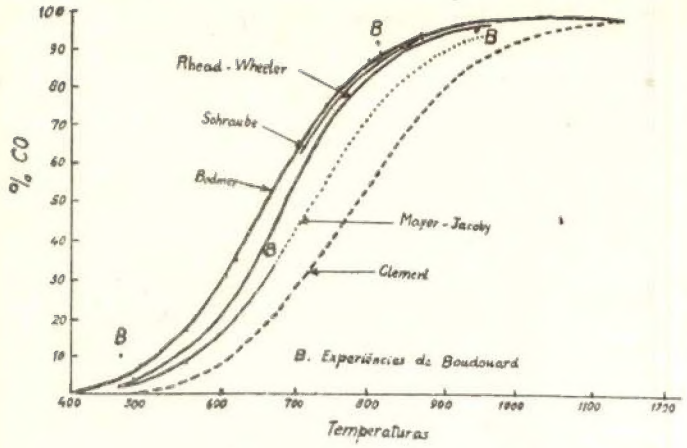
em que $\delta\nu = 1$, P a pressão total e K a constante de equilíbrio.

A constante de integração foi determinada por Boudouard trabalhando à pressão atmosférica ($\log P = 0$) e uma vez obtida, pôde calcular-se para cada temperatura a composição teórica da fase gasosa no equilíbrio.

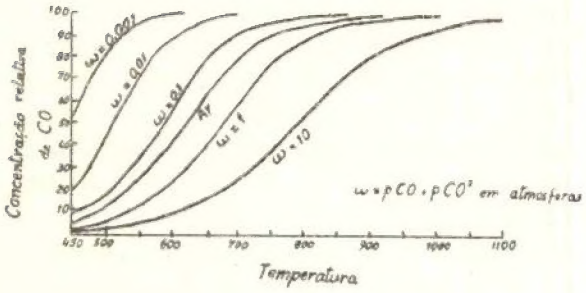
O equilíbrio, segundo as leis de Vant'Hoff e de Le Chatelier, deslocar-se-á para a direita quanto mais elevada a temperatura e baixa a pressão, e, segundo Boudouard verifica-se entre 450° e 1050°. A estas conclusões, acrescentou Boudouard que a composição do equilíbrio é, em particular, independente da natureza do carbono utilizado para reduzir o anidrido carbónico, que o equilíbrio é tanto mais ràpidamente atingido quanto mais elevada a temperatura e a pressão e que a velocidade de redução depende da variedade do carbono empregado e das dimensões dos pedaços de carvão.

Os ensaios que se seguiram (Schenck e Zimmerman, Wolft, Mayer, Schraube, Clément, Adams, etc.), efectuados quer estática quer dinâmicamente, abrangeram o domínio dos 400-1200° nas temperaturas e 0,5 a 400 atmosferas nas pressões. Os gráficos estabelecidos pelos diversos investigadores parecem-nos merecer ser transcritos, dado que são a base de referência deste estudo:

I



II



Dentre as críticas feitas às de Boudouard mereceram especial atenção as relativas à temperatura inicial de dissociação do óxido de carbono e à influência da natureza do carvão sobre a composição do gás no equilíbrio. De qualquer modo, porém, o estudo estático da equação pode considerar-se completo.

O mesmo se não pode dizer para a cinética da reacção. Tratando-se de um equilíbrio heterogéneo, o estudo dinâmico é, como se prevê, mais difícil, e, pelo menos até hoje, não nos permite chegar senão a resultados relativos.

Considerando como dados para estudo da cinética da reacção

$$CO_2 + C \rightleftarrows 2\ CO - 38{,}8\ \text{Cal.}$$

um peso π de combustível ocupando o volume V, levado à temperatura θ e através do qual se faz passar uma corrente gasosa de débito D com a centração $[co_2]$ de anidrido carbónico, a velocidade da reacção, pelo menos em princípio, pode estabelecer-se quer pela perda do peso $d\pi$ do combustível num intervalo de tempo dt, quer pela medição da variação da composição do gás depois de ter atravessado o combustível.

Ambos estes processos têm servido de base para a determinação da carboxireactividade dos combustíveis.

Notemos desde já, que no primeiro caso, em que a velocidade da reacção será expressa por

$$v_1 = -\frac{d\pi}{dt},$$

esta será para condições idênticas de secção de tubo, temperatura, volume de carvão, etc., em certa medida, função do débito gasoso. Sendo assim, há que definir, como se fez, a carboxireactividade, como velocidade de reacção em *determinadas condições*.

No segundo caso, os dados que se tomam para a expressão da velocidade, são os que se tiram da hipótese de fazer passar uma corrente gasosa cuja concentração em anidrido carbónico é $[co_2]$, durante um intervalo de tempo dt, através uma massa de combustível tal que a perda de peso deste, após a reacção seja desprezível. A composição dos gases resultantes, durante o mesmo intervalo de tempo dt, deve ser constante.

Sendo $d[co_2]$ e $d[co]$ as variações, respectivamente, das concentrações de anidrido carbónico e de óxido de carbono no intervalo dt após o tempo t de reacção, a velocidade de reacção pode exprimir-se, supondo que a reacção não é limitada pela inversa por

$$v_1 = -\frac{d\,[co_2]}{dt} = \frac{d\,[co]}{dt}$$

sendo agora *dt* a *duração efectiva* do contacto entre o combustível e o gás.

Ora tratando-se de um equilíbrio heterogéneo, a determinação deste tempo de contacto apresenta uma primeira dificuldade: a de exigir o conhecimento do modo como o gás atravessa a camada do combustível.

Drakeley estudou a passagem de vários gases através do coke e concluíu, pela har-

monia dos dados experimentais com os resultantes do cálculo, que, a passagem se devia fazer por capilaridade e não por difusão, visto a variação do tempo ser inversamente proporcional à viscosidade e não à raiz quadrada da densidade do gás. E ainda, segundo o experimentador, seria de 2 % a percentagem de gás que atravessa os poros e 98 % a que passa no intervalo dos grânulos. Isto para o coque; para o carvão de madeira, a percentagem que passará através os poros deverá ser sensìvelmente maior. Voltaremos depois a este ponto.

Assente esta hipótese, poder-se-á estabelecer (o que não quere dizer calcular) a expressão de dt.

Supondo que o débito de anidrido carbónico à temperatura Θ_1 é D cm^3 por segundo, o volume da coluna de carvão a Θ_2 é V e V' o volume ocupado realmente pelo carvão, V — V' será o volume de gás em contacto com o combustível num instante dado. O débito à temperatura Θ_2 é

$$D' = D\,[1 + \alpha\,(\Theta_2 - \Theta_1)]$$

e, notando que o volume de gases cresce com o decorrer da reacção, o débito será ainda

$$D' = D\,(1 + \alpha\triangle\Theta)\,(1 + \beta)$$

e em primeira aproximação será

$$dt = V - V'/D\,(1 + \alpha\triangle\Theta)\,(1 + \beta)$$

Dizemos em primeira aproximação porque assentámos na hipótese de o gás atravessar apenas intervalos entre grânulos, e de dificuldade experimental na determinação de V — V', calculada a partir da densidade real, além de o próprio β ser de certo modo função de dt.

Às mesmas dificuldades conduz a fórmula de Nernst, especialmente aplicável às soluções,

$$\frac{dx}{dt} = S\,(x - x_0)\,\frac{\partial}{D}$$

pela dificuldade de determinação de S — — superfície de separação das fases — e do coeficiente de velocidade de difusão ∂ através a película de espessura *e* que envolve o sólido, isto é, do que recentemente o Senhor Perez Urzola, nos Anales de Física y Química [1] somada com a *resistência química* provoca a inércia química da reacção.

A lei de Fick, $N = -DS\,\frac{dc}{dl}$, com que este último autor nos conduz à expressão da velocidade de reacção

$$\frac{dx}{dt} = \frac{C_1 - C_2}{\frac{R}{S} + \frac{1}{D}\int\frac{dl}{S}}$$

apenas nos indica que só com a determinação de S — superfície através da qual se verifica a difusão, poderíamos ter a medida exacta da velocidade de reacção, mas essa mesma superfície é modificada no decorrer da própria reacção.

Foi a estas mesmas dificuldades que Mayers, estudando a grafite, chegou. Constatou que para débitos suficientemente grandes (20 l/minuto), pràticamente a pressão do anidrido carbónico é igual à pressão total, isto é, já se não faz sentir o efeito da difusão.

Mas, mesmo eliminada esta causa de erro, ficaria ainda imprecisa a determinação da velocidade, pelo desconhecimento do valor da superfície de reacção. E isto que para a grafite e para o coque Mayers reconhece numa publicação recente, maior importância deverá ter para o carvão de madeira.

É afinal a determinação das constantes de velocidade das reacções directa e inversa, variáveis de carvão para carvão, que resume o problema da carboxireactividade, com a vantagem de lhe dar, uma vez expresso, um sentido matemático preciso. Usando as mesmas convenções que até aqui, esses coeficientes serão os que figuram na relação

$$\frac{d\,[CO]}{dt} = K_1\,[Co_2] - K_2\,[CO]^2$$

que resulta da aplicação da lei de acção de massa.

A determinação da constante foi a base

(1) N.º 407 Abril 1946.

dos métodos de Pire, Clément, Adam, Drakeley etc.. Mas à dificuldade já apontada relativa ao tempo de contacto, acresce a de não parecer estar bem assente se a reacção inversa geralmente considerada de 2.ª ordem, o será de facto. E os resultados experimentais não deixaram de eliminar estes aspectos que impedem dar um carácter absoluto à carboxireactividade.

Mayer faz intervir na expressão de K_1 a energia de activação E além da superfície de reacção S:

$$K_1 = S\, e^{-\frac{E}{RT}}$$

e a carboxireactividade ficaria definida, em intervalos dados de temperatura, pelos parâmetros E e S, mas do mesmo modo nos deixa concluir que, de momento, pelo menos, é muito difícil obter valores absolutos de carboxireactividade; os resultados dos ensaios feitos não permitem, ao que sabemos, senão obter valores susceptíveis de comparação e que, para serem úteis, se devem adaptar tanto quanto possível às condições de utilização.

Passámos em revista toda esta série de considerações, mais ou menos feitas já, conhecidas de todos, embora vistas por prismas talvez diferentes. Pareceu-nos ser necessário para assentar as bases em que o problema nos pareceu e vemos estar ainda, posto.

Duas notas nos parecem ressaltar do que apontámos:

— o problema começou por definir-se perante as observações tiradas da utilização prática dos combustíveis;.

— tal como se apresenta, o problema, na sua essência e no seu aspecto teórico, transcende as possibilidades experimentais, fazendo intervir grandezas que, pelo menos até agora, se não sabem dimensionar com precisão.

Parece-nos bem mais geral que para a reactividade, ser esta a evolução que em regra os problemas tomam. De maneira sucinta, diremos que para nós, o problema da reactividade do carvão de madeira terá de ter dois objectivos em vista: experimentação para investigação; investigação para utilização imediata.

Das considerações anteriores procurámos tirar a orientação dos trabalhos, imensamente facilitada pelo primeiro plano geral (ordenado pelo Eng. Marques Pereira). Não nos parece ser fácil descortinar outro caminho que não seja uma estreita ligação entre o aspecto teórico e prático, indispensável como verificação e como fim — a não ser que se tenha a mentalidade de um chefe de importante indústria, aliás estrangeira, que para fazer electrólise apenas vê de interesse, prévios conhecimentos gerais de electrotecnia, porque os mistérios das suas células são impenetráveis aos conhecimentos do mundo...

(Continua)

ESTATÍSTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS EM PORTUGAL

RELATÓRIO

PELO ENG.º ELECT. (I. S. T.) ANTÓNIO METELLO DE NÁPOLES
Director Geral dos Serviços Eléctricos

C. D. 621.31 : 31 = 69

Julgando ser de interesse para muitos dos nossos leitores, resolveu a direcção da «Técnica» continuar a inserir na revista os relatórios da Estatística das Instalações Eléctricas em Portugal, pelo que hoje publicamos o relatório de 1945.

Razões de ordem interna impediram que o XVII volume da *Estatística das Instalações Eléctricas em Portugal,* relativo ao ano de 1944, viesse acompanhado do habitual relatório.

A omissão, além de justificada, parecia não ser grave nem causar outro prejuízo que não fosse a quebra duma tradição que já foi brilhante e que será sempre louvável. Não foi, porém, assim julgada em certos meios, aos quais, essencialmente, a *Estatística* se destina; por esse motivo e porque cessaram, em parte, aquelas razões impeditivas, se retoma no volume imediato a tradição quebrada, embora as circunstâncias porventura mais aconselhassem a prolongar a omissão por mais um ano.

As mesmas causas que se verificaram nos dois anos anteriores, essas de natureza externa, obrigaram a publicar este volume com excessivo atraso, o que constitui, na realidade, grave prejuízo para a sua utilidade — e esse decerto mais sensível do que a falta de relatório.

Vai tentar-se um decisivo esforço para actualizar a publicação da *Estatística,* esperando-se que o volume relativo a 1946 venha a lume dentro de poucos meses, nem que, para tanto, seja necessário sacrificar a sua unidade, publicando antecipadamente os elementos de interesse mais geral, que são aqueles cujo conhecimento mais importa actualizar.

Electrificação nacional — Em 26 de Dezembro de 1944 foi publicada no *Diário do Governo* a lei n.º 2002, chamada Lei da Electrificação Nacional, que a Assembleia Nacional fora expressamente convocada para discutir em sessão extraordinária, conjuntamente com a lei da reorganização e fomento industrial, mais tarde promulgada sob o n.º 2005.

A promulgação destas duas leis, que mùtuamente se completam e que, para além de certa medida, se podem considerar interdependentes na sua execução e no seu êxito, constitui a consagração duma doutrina que nasceu com a lei dos aproveitamentos hidráulicos, em 20 de Outubro de 1926 e constantemente se foi aperfeiçoando e criando formas definidas, ao longo dum período de dezoito anos de trabalho árduo, persistente, entusiástico e por vezes inglório.

A história da evolução da electricidade nacional durante esse período confunde-se com a história da génese da lei n.º 2002. Está escrita ao longo das páginas dos relatórios que precedem os volumes anteriores da *Estatística;* e, para quem não queira perder-se nos seus pormenores, está resumida já em várias publicações. Não são,